Sendi

Garis Besar Bab

Penyakit sendi merupakan masalah yang sangat umum ditemui oleh tenaga medis. Bab ini terutama menguraikan anatomi dasar sendi untuk membantu para medis professional dalam menegakkan diagnosis dan menentukan pengobatan awal.

ANATOMI DASAR

Istilah sendi atau articulatio digunakan untuk tempat di mana dua atau lebih tulang skelet bertemu satu dengan yang lain. Pada hampir semua sendi, tulang-tulang didekatkan satu dengan yang lain oleh jaringan ikat fleksibel yang memungkinkan otot-otot bekerja pada tulang, dengan demikian menimbulkan gerakan pada berbagai bagian tubuh.

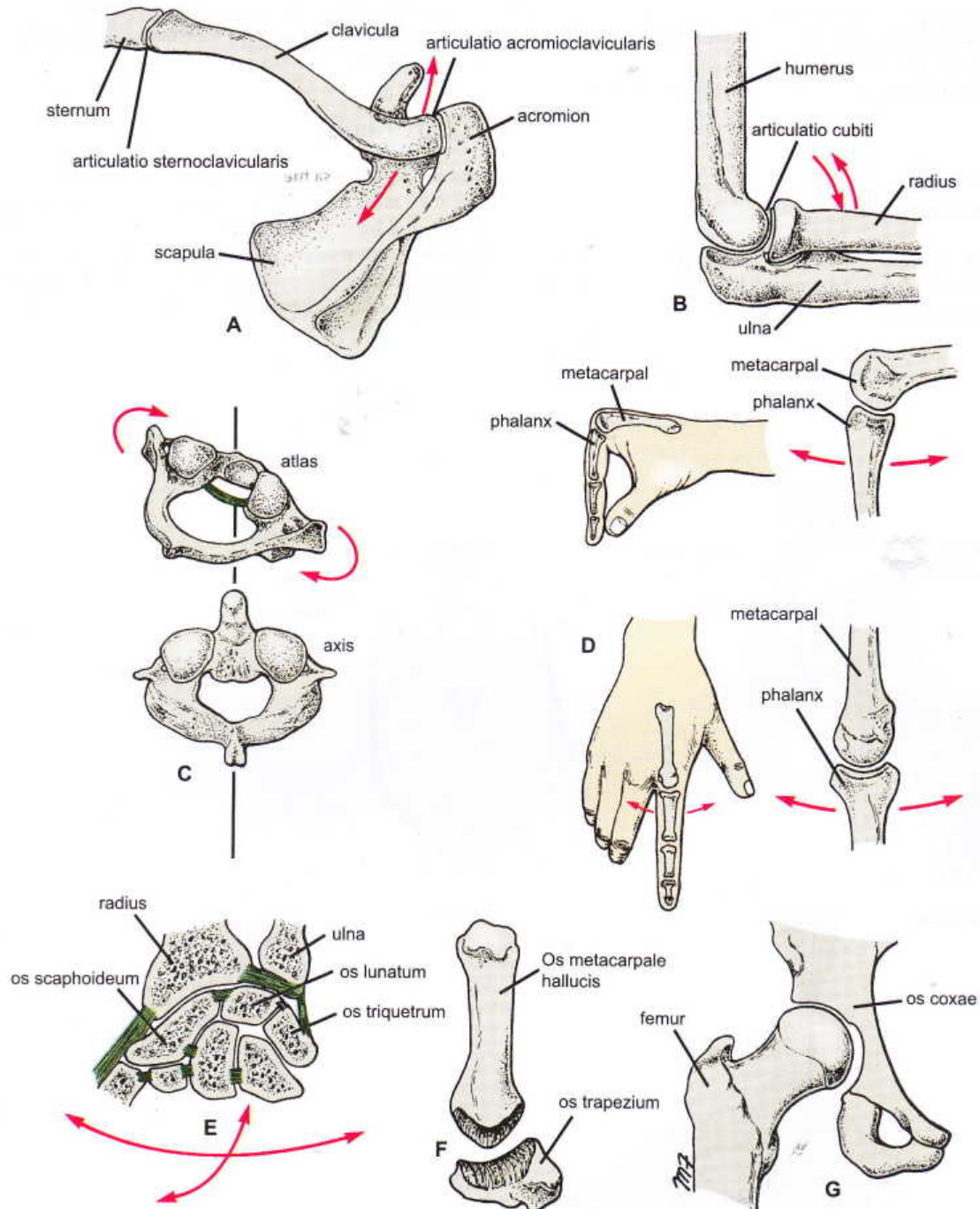
Klasifikasi Sendi

Sendi dapat diklasifikasikan sesuai dengan strukturnya, yaitu fibrosa, kartilaginosa, dan sinovial.

Tipe Sendi Sinovial

- **Sendi datar (articulatio plana)**: Pada articulatio plana, permukaan sendinya rata atau hampir rata, sehingga memungkinkan terjadinya pergeseran antara tulang yang satu dengan lainnya. Contoh sendi plana adalah articulatio sternoclavicularis dan articulatio acromioclavicularis (Gambar 12-1).
- **Sendi engsel (articulatio ginglymus)**: Sendi ini menyerupai engsel pintu, sehingga memberi kemungkinan untuk gerakan fleksi dan ekstensi. Contoh ginglymus adalah articulatio cubiti, articulatio genus, dan articulatio talocruralis (Gambar 12-1).
- **Sendi pasak (articulatio trochoidea)**: Pada articulatio trochoidea, terdapat pasak tulang yang dikelilingi oleh cincin ligamentum bertulang (Gambar 12-1), hanya mungkin dilakukan gerakan rotasi. Contoh yang baik dari sendi ini adalah articulatio atlantoaxialis dan articulatio radioulnaris superior.
- **Sendi (articulatio) condyloidea**: Articulatio condyloidea mempunyai dua permukaan konveks yang bersendi dengan dua permukaan konkaf. Gerakan yang mungkin dilakukan adalah fleksi, ekstensi, abduksi, dan aduksi, dan sedikit rotasi. Contoh yang baik dari sendi ini adalah articulationes metacarpophalangeae atau articulationes interphalangeae (Gambar 12-1).
- **Sendi (articulatio) elipsoidea**: Pada articulatio elipsoidea, facies articularis berbentuk konveks elips yang sesuai dengan facies articularis berbentuk konkaf elips. Gerakan fleksi,

ekstensi, abduksi, dan aduksi dapat dilakukan, tetapi rotasi tidak dapat dilakukan. Contoh yang baik adalah articulatio radiocarpalis (Gambar 12-1).

- **Sendi pelana (articulatio sellaris)**: Pada articulatio sellaris, facies articularis berbentuk konkaf konveks yang saling berlawanan dan mirip dengan pelana pada punggung kuda.

Gambar 12-1 Contoh dari berbagai jenis sendi sinovial: **A**. Articulatio plana (articulatio sternoclavicularis dan acromioclavicularis). **B**. Articulatio ginglymus (articulatio cubiti). **C**. Articulatio trochoidea (articulatio atlantoaxialis). **D**. Articulatio condyloidea (articulatio metacarpophalangea). **E**. Articulatio ellipsoidea (articulatio radiocarpalis). **F**. Articulatio sellaris (articulatio carpometacarpalis pollicis). **G**. Articulatio spheroidea (articulatio coxae).

Sendi ini dapat melakukan fleksi, ekstensi, abduksi, aduksi, dan rotasi. Contoh yang paling baik dari tipe sendi ini adalah articulatio carpometacarpalis pollicis (Gambar 12-1).

- **Sendi peluru (articulatio spheroidea)**: Pada sendi ini, kepala sendi yang berbentuk bola pada satu tulang cocok dengan lekuk sendi yang berbentuk *socket* pada tulang yang lain. Susunan ini memungkinkan pergerakan yang luas, termasuk fleksi, ekstensi, abduksi, aduksi, rotasi medial, rotasi lateral, dan sirkumduksi. Contoh yang baik untuk sendi ini adalah articulatio humeri dan articulatio coxae (Gambar 12-1).

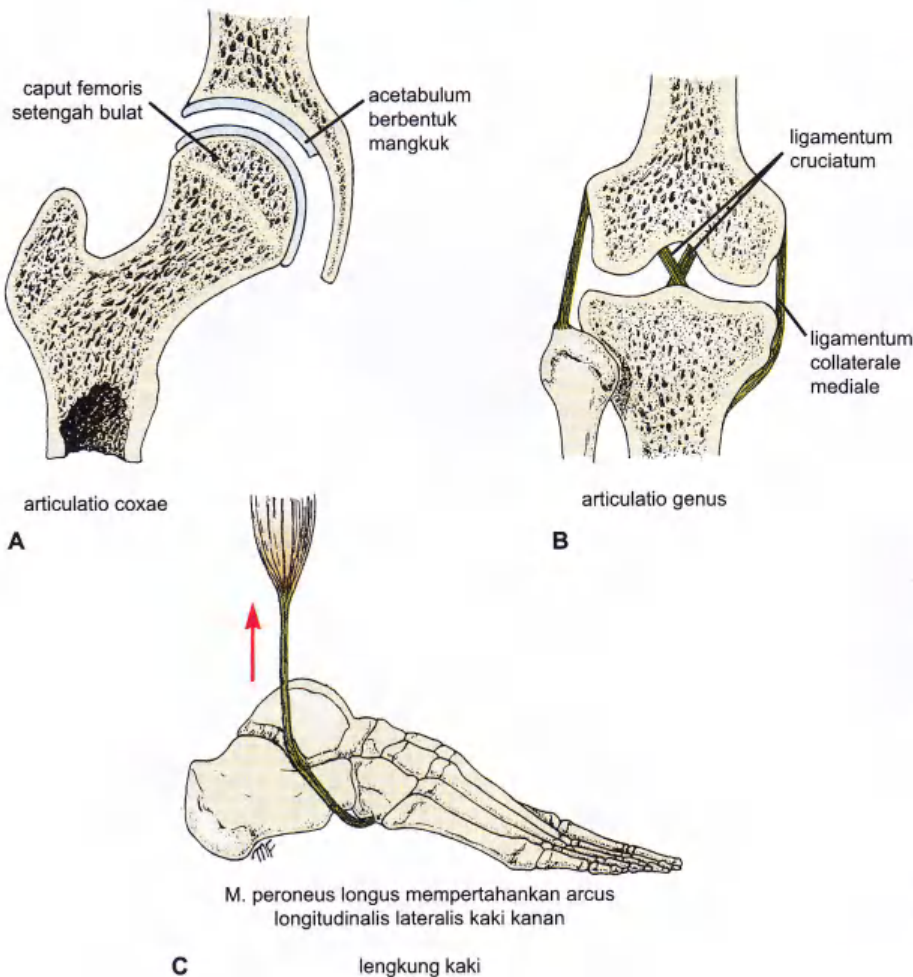
Stabilitas Sendi

Stabilitas sebuah sendi tergantung pada tiga faktor utama: bentuk, ukuran, susunan dari permukaan sendi; ligamenta; dan tonus otot-otot di sekitar sendi.

Permukaan Sendi

Struktur *ball and socket* articulatio coxae (Gambar 12-2) dan "mortise" pada articulatio talocruralis merupakan contoh yang baik bagaimana bentuk tulang berperan penting pada stabilitas sendi. Akan tetapi terdapat pula sendi di mana bentuk sendi kurang atau tidak berperan dalam stabilitas sendi seperti articulatio acromioclavicularis, articulatio calcaneocuboidea, dan articulatio genus.

Ligamenta

Ligamentum fibrosa mencegah pergerakan sendi yang berlebihan (Gambar 12-2), tetapi jika regangan berlangsung dalam waktu yang cukup lama, ligamentum fibrosa akan teregang. Contohnya, ligamenta pada sendi-sendi yang membentuk lengkung kaki tidak dengan sendirinya menyokong beban berat badan. Apabila tonus otot yang biasanya menyokong lengkung kaki terganggu akibat

Gambar 12-2 Tiga faktor utama yang bertanggung jawab atas stabilitas sebuah sendi. **A.** Bentuk facies articularis. **B.** Ligamenta. **C.** Tonus otot.

kelelahan, maka ligamenta akan regang dan lengkung kaki akan turun, sehingga terjadi kaki datar.

Sebaliknya, **ligamentum elastik** akan kembali ke panjang semula sesudah meregang. Ligamentum elastika tulang-tulang pendengaran berperan aktif dalam menyokong sendi dan membantu mengembalikan tulang-tulang pada posisi semula setelah melakukan pergerakan.

Tonus Otot

Pada kebanyakan sendi, tonus otot merupakan faktor utama yang mengatur stabilitas sendi. Misalnya, tonus otot-otot pendek di sekitar articulatio humeri mempertahankan caput humeri yang berbentuk setengah bulat pada cavitas glenoidalis scapulae yang dangkal. Tanpa kerja otot-otot ini, hanya dibutuhkan sedikit tenaga untuk menyebabkan terjadinya dislokasio sendi. Articulatio genus merupakan sendi yang sangat tidak stabil tanpa aktivitas tonus musculus quadriceps femoris. Sendi antara tulang-tulang kecil yang membentuk lengkung kaki sebagian besar disokong oleh tonus otot-otot tungkai bawah, yang tendonya berinsersi pada tulang-tulang kaki (Gambar 12-2).

Persarafan Sendi

Capsula articularis dan ligamenta mendapat banyak persarafan sensoris. Sebuah saraf sensoris yang menyarafi sendi, juga menyarafi otot-otot yang menggerakkan sendi dan kulit di sekitar insersi otot-otot tersebut. Aturan ini dikenal dengan nama **Hukum Hilton**. Pembuluh darah pada sendi mendapatkan persarafan dari serabut otonom simpatik. Tulang rawan yang meliputi permukaan sendi hanya mempunyai sedikit ujung saraf di dekat pinggirnya. Peregangan yang berlebihan capsula articularis dan ligamenta menimbulkan refleks kontraksi otot-otot di sekitar sendi; regangan yang berlebihan menimbulkan rasa nyeri. Reseptor regangan pada capsula articularis dan ligamenta secara terus menerus mengirimkan informasi proprioseptif ke sistem saraf pusat, sehingga sistem saraf terus menerus mendapatkan informasi mengenai keadaan sendi. Kerja reseptor tersebut menambah informasi dari *muscle spindle* dan *tendon spindle* yang diteruskan ke sistem saraf, membantu mempertahankan tonus postural, dan mengkoordinasi gerakan volunter.

Sendi-Sendi di Tengkorak

Pada cranium, tulang-tulang pipih bergabung satu dengan yang lain melalui sendi fibrosa, disebut **sutura** (Gambar 12-3). Periosteum yang meliputi permukaan luar tulang berlanjut sebagai endosteum yang melapisi permukaan dalam sutura, membentuk **ligamentum suturale**. Ligamentum padat ini tidak memungkinkan adanya gerakan di antara tulang-tulang. Contoh **sutura sagittalis, sutura coronaria,** dan **sutura lambdoidea** (Gambar 12-3).

Articulatio Temporomandibularis

Articulatio

Articulatio terdapat antara tuberculum articulare dan bagian anterior fossa mandibulare ossis temporalis di atas dan caput (processus condylaris) mandibulae di bawah (Gambar 12-4 dan 12-5). Facies articularisnya diliputi oleh fibrocartilago.

Tipe Sendi

Articulatio temporomandibularis adalah sendi sinovial. Discus articularis membagi sendi atas rongga atas dan rongga bawah (Gambar 12-6).

Capsula

Capsula mengelilingi sendi.

Ligamenta

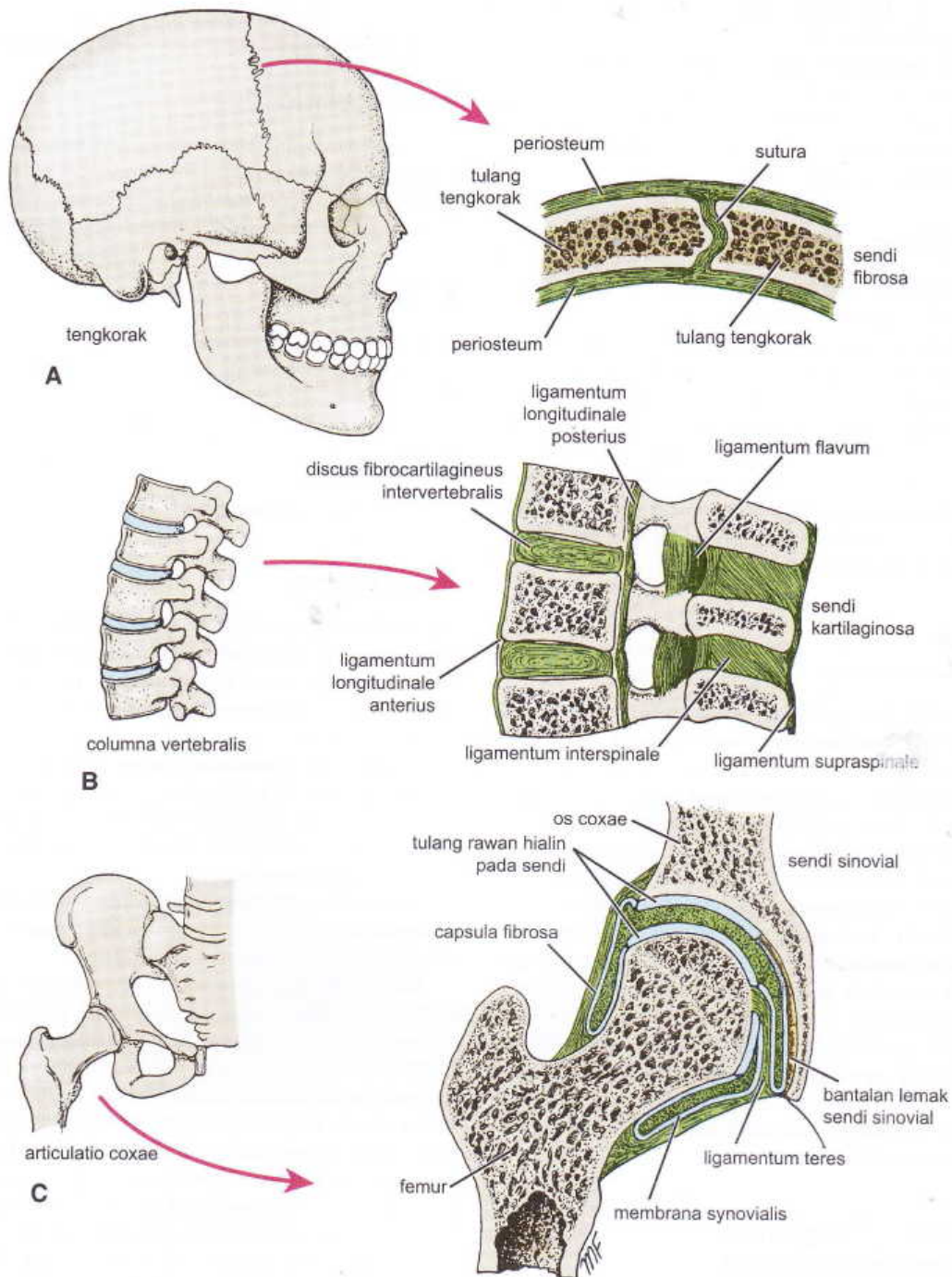
Ligamentum temporomandibulare laterale di atas melekat pada tuberculum pangkal zygoma dan di bawah pada collum mandibulae (Gambar 12-4). Ligamentum ini membatasi gerakan mandibula ke arah posterior, dengan demikian melindungi meatus acusticus externus.

Ligamentum sphenomandibulare terletak pada sisi medial sendi (Gambar 12-4). Ligamentum ini melekat di atas pada spina ossis sphenoidalis dan di bawah pada lingula foramen mandibulae. Ligamentum ini merupakan sisa arcus pharyngeus pertama dan fungsinya tidak diketahui.

Ligamentum stylomandibulare melekat di atas pada apex processus styloideus dan di bawah pada angulus mandibulae (Gambar 12-4). Fungsinya tidak diketahui.

Discus articulare merupakan discus fibrocartilago berbentuk oval (Gambar 12-6), yang membagi sendi menjadi rongga atas dan rongga bawah. Discus melekat di sekeliling capsula, dan juga melekat di depan pada tendo musculus pterygoideus lateralis dan pada caput mandibulae oleh pita fibrosa. Pita ini memastikan bahwa discus bergerak ke depan dan belakang bersama caput mandibulae selama gerakan protraksi dan retraksi mandibula. Permukaan atas discus berbentuk konkaf konveks dari depan ke belakang, untuk menyesuaikan dengan bentuk tuberculum articulare dan fossa mandibularis; permukaan bawah adalah konkaf agar sesuai dengan caput mandibulae. Fungsi discus adalah memungkinkan gerakan meluncur bagian atas sendi dan gerakan engsel bagian bawah sendi.

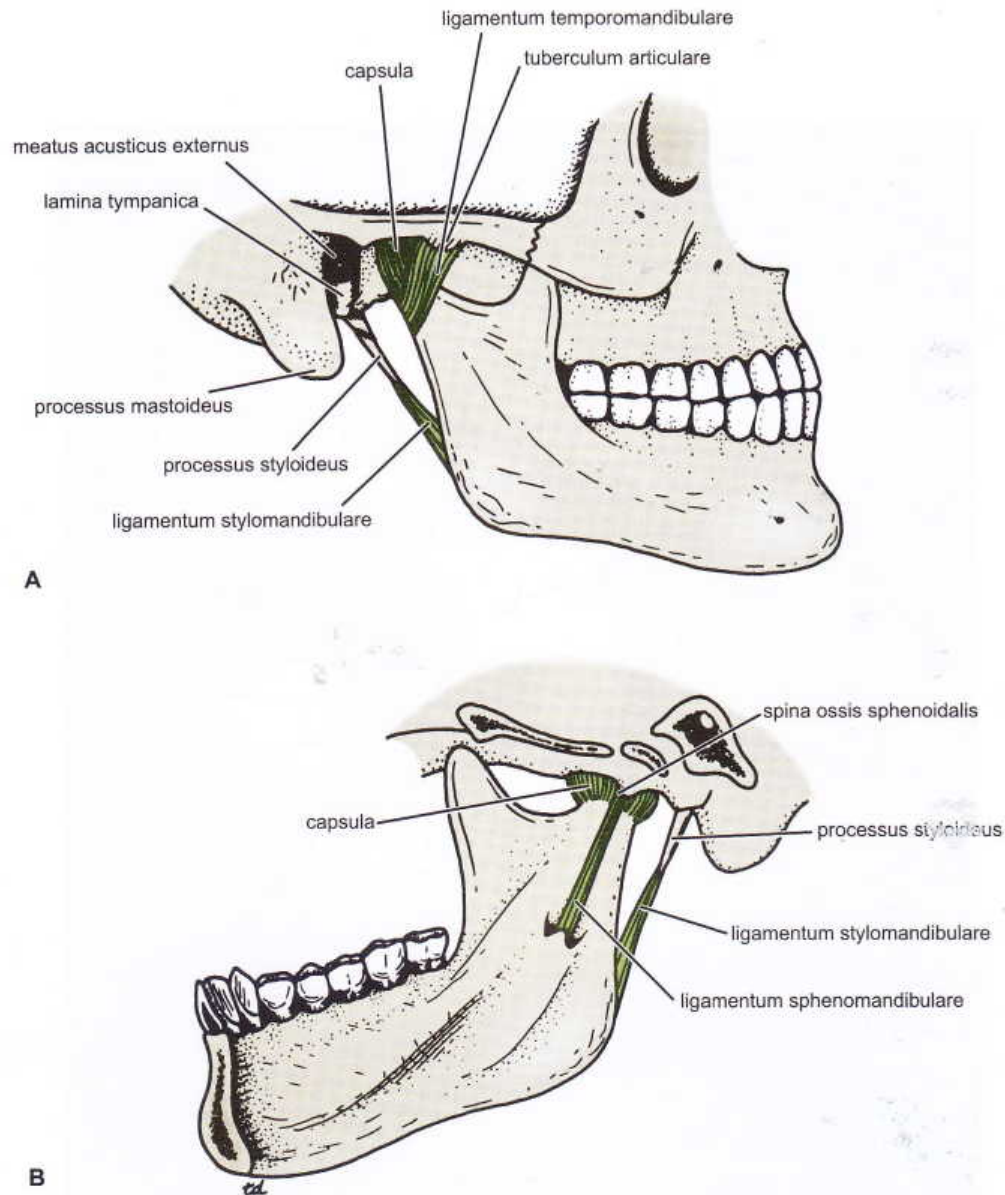
Membrana Synovialis

Membrana synovialis melapisi capsula pada rongga atas dan bawah sendi (Gambar 12-6).

Gambar 12-3 Contoh tiga tipe sendi. **A.** Sendi fibrosa (sutura coronaria pada tengkorak). **B.** Sendi kartilaginosa (sendi antara dua corpus vertebrae lumbalis). **C.** Sendi sinovial (articulatio coxae).

Persarafan

Ramus auriculotemporalis dan masseterica divisi mandibularis nervus trigeminus.

Gerakan dan Otot-Otot yang Menimbulkan Gerakan

Mandibula dapat melakukan gerakan depresi atau elevasi, protraksi atau retraksi. Rotasi dapat juga terjadi, seperti pada

Gambar 12-4 Articulatio temporomandibularis dilihat dari aspek lateral (**A**) dan aspek medial (**B**).

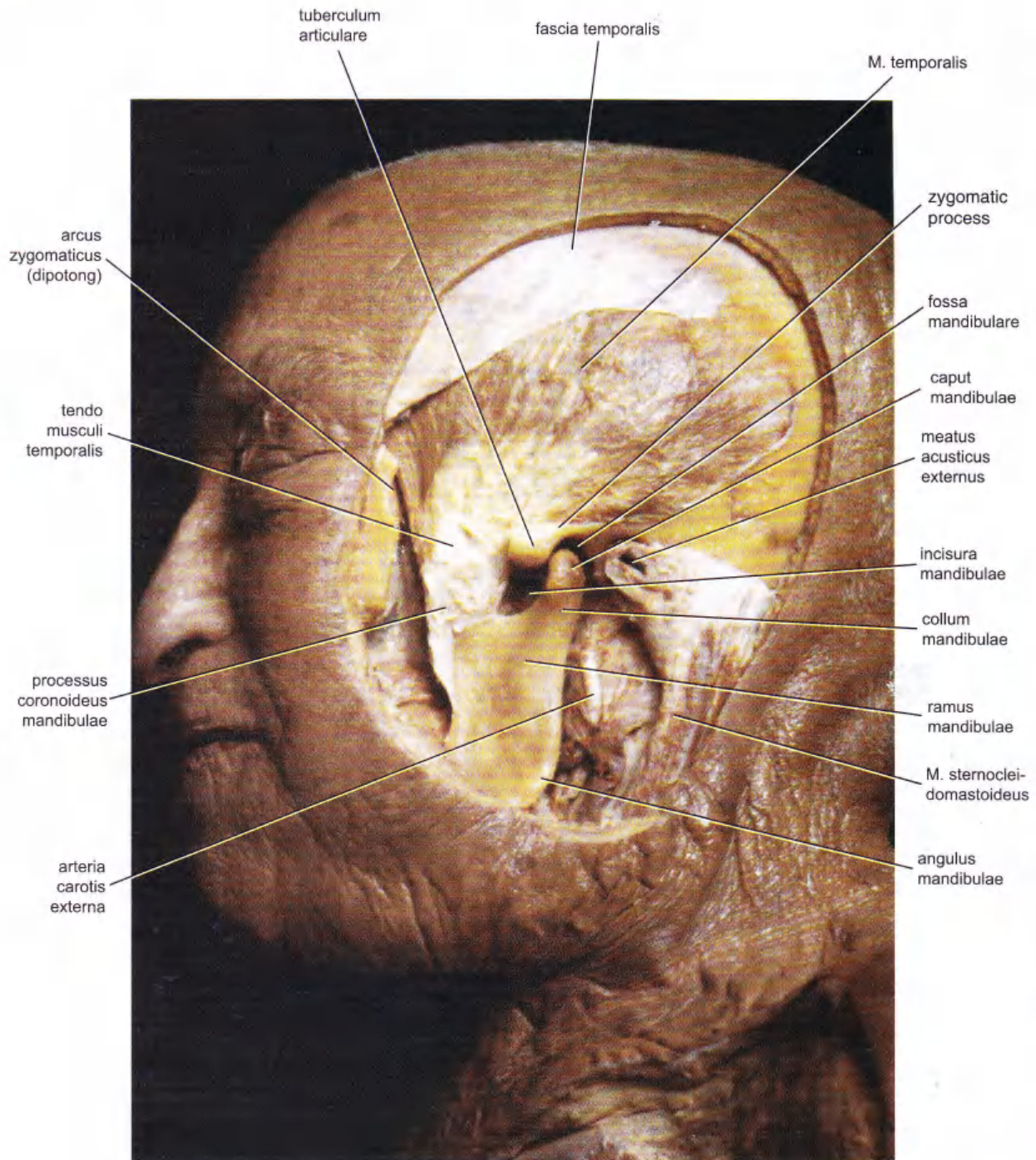
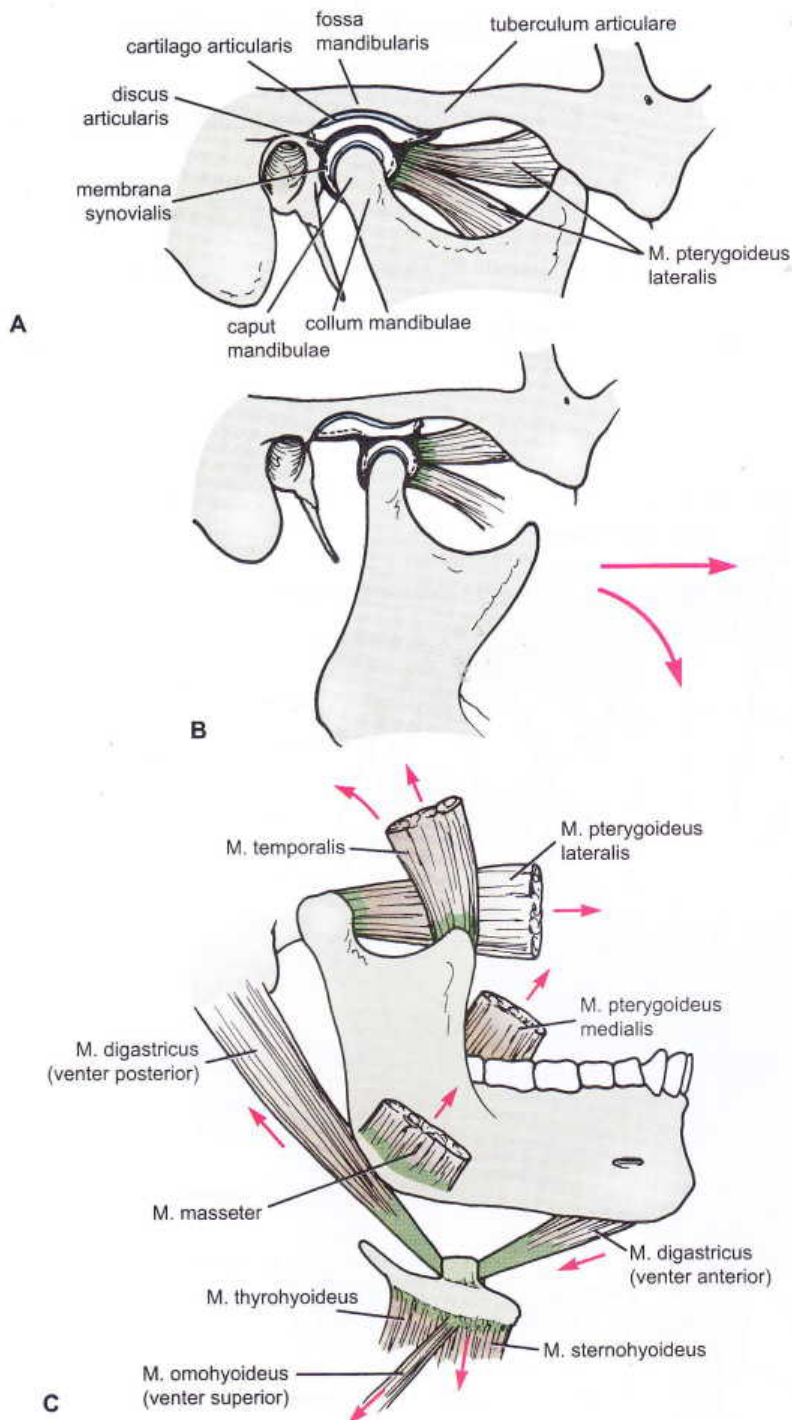
gerakan mengunyah. Pada posisi istirahat, gigi rahang atas dan bawah sedikit terpisah. Pada gerakan mengatupkan rahang, gigi-geligi saling bertemu.

- **Depresi Mandibula**

  Sewaktu membuka mulut, caput mandibulae berputar dengan sumbu horizontal pada permukaan bawah discus articularis. Untuk mencegah angulus mandibulae menekan glandula parotidea dan musculus sternocleidomastoideus, mandibula ditarik ke depan. Gerakan ini dilakukan oleh kontraksi musculus pterygoideus lateralis, yang menarik collum mandibulae dan discus articularis ke depan, sehingga discus akan bergerak ke atas tuberculum articulare (Gambar 12-6). Gerakan ke depan discus articularis dibatasi oleh tegangnya jaringan fibroelastis, yang mengfiksasi discus pada os temporale di belakangnya.

  Depresi mandibula diakibatkan oleh kontraksi musculus digastricus, geniohyoideus, dan mylohyoideus; musculus pterygoideus lateralis berperan penting dengan menarik mandibula ke depan.

- **Elevasi Mandibula**

  Merupakan gerakan sebaliknya dari depresi mandibula. Mula-mula caput mandibulae dan discus bergerak ke belakang, dan kemudian caput berputar pada permukaan bawah discus.

Gambar 12-5 Diseksi articulatio temporomandibularis sinistra. Capsula dan ligamentum temporomandibulare laterale dibuang untuk memperlihatkan bagian dalam sendi. Perhatikan tuberculum articulare dan fossa mandibulare ossis temporalis dan caput mandibulae. Discus articularis terdapat di dalam rongga sendi pada permukaan atas caput mandibulae.

Gambar 12-6 Articulatio temporomandibularis dengan mulut tertutup (**A**) dan dengan mulut terbuka (**B**). Perhatikan posisi caput mandibulae dan discus articularis terhadap tuberculum articulare pada setiap posisi. **C.** Tempat melekatnya otot-otot pengunyah pada mandibula; tanda panah menunjukkan arah gerakannya.

Elevasi mandibula diakibatkan oleh kontraksi musculus temporalis, musculus masseter, dan musculus pterygoideus medialis. Caput mandibulae ditarik ke belakang oleh serabut-serabut posterior musculus temporalis. Discus articularis ditarik ke belakang oleh jaringan fibroelastis, yang mengikatkan discus pada os temporale di belakangnya.

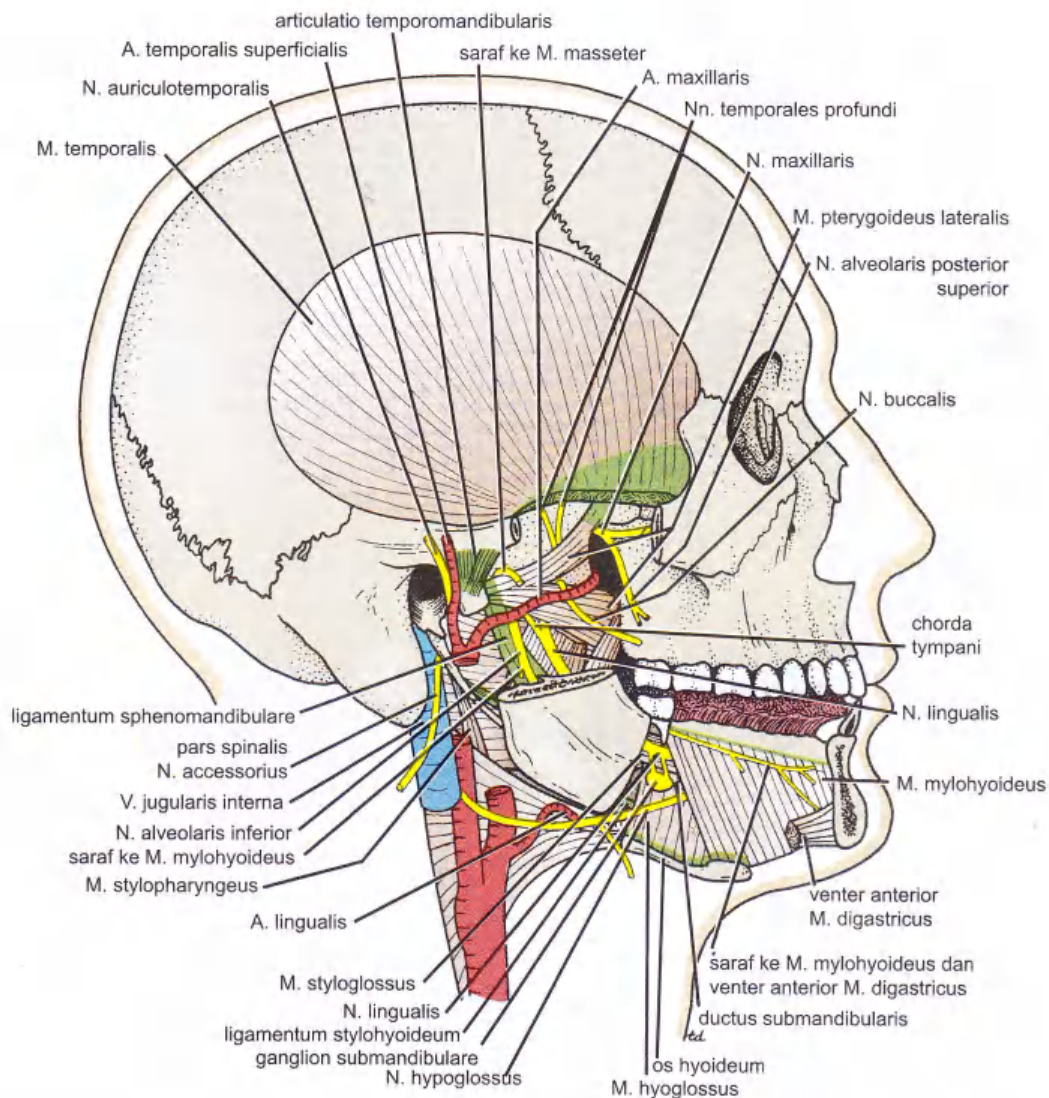
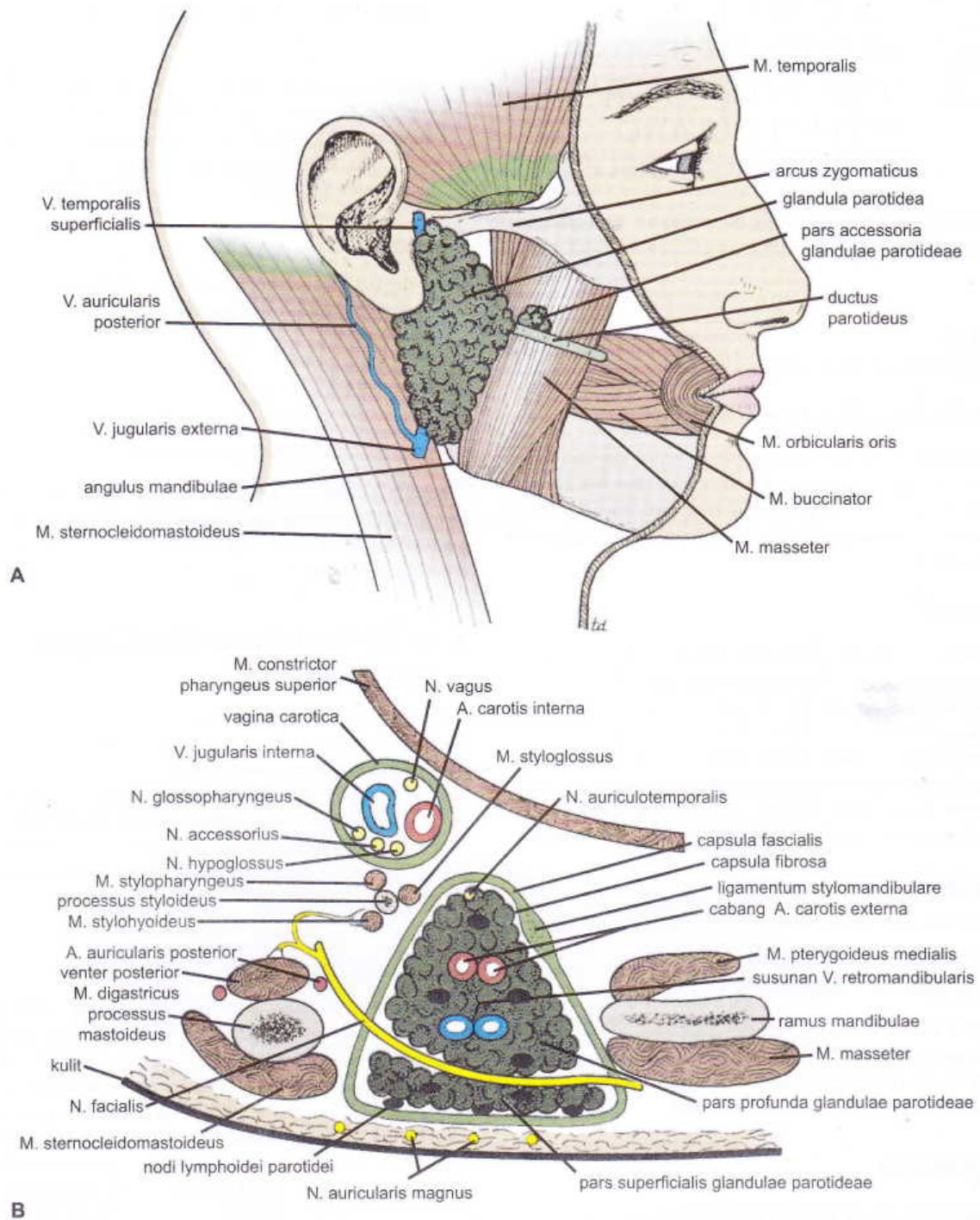
- **Protraksi Mandibula**

Discus articularis ditarik ke depan sampai ke tuberculum articulare, beserta dengan caput mandibulae. Semua gerakan ini berlangsung di dalam rongga atas sendi. Pada protraksi, gigi bawah ditarik ke depan melewati gigi atas, yang merupakan akibat dari kontraksi musculus pterygoideus lateralis kedua sisi, dibantu oleh kedua musculus pterygoideus medialis.

- **Retraksi Mandibula**
  Discus articularis dan caput mandibulae ditarik ke belakang ke dalam fossa mandibularis. Retraksi terjadi sebagai akibat kontraksi serabut-serabut posterior musculus temporalis.
- **Gerakan Mengunyah Lateral**
  Gerakan ini terjadi sebagai gerakan bergantian protraksi dan retraksi mandibula masing-masing sisi. Untuk dapat terlaksana, harus terjadi sejumlah rotasi, dan otot-otot kedua sisi yang menggerakkannya harus bekerja secara bergantian dan tidak secara bersama-sama.

Otot-otot pengunyah diringkas pada Tabel 13-2 dan 13-3. Lihat juga Gambar 12-6.

Batas-Batas Penting Articulatio Temporomandibularis

- **Ke anterior:** Incisura mandibulae dan arteri dan nervus massetericus (Gambar 12-7).
- **Ke posterior:** Lamina tympani meatus acusticus externus (Gambar 12-4) dan processus glenoidalis glandulae parotideae.
- **Ke lateral:** Glandula parotidea, fascia, dan kulit (Gambar 12-8).
- **Ke medial:** arteri dan vena maxillaris dan nervus auriculotemporalis.

Gambar 12-7 Regio infratemporalis dan submandibularis. Bagian-bagian arcus zygomaticus, ramus dan corpus mandibulae telah dibuang untuk memperlihatkan struktur yang lebih dalam.

Gambar 12-8 Glandula parotidea dan batas-batasnya. **A.** Facies lateralis glandula parotidea dan jalannya ductus parotideus. **B.** Potongan horizontal glandula parotidea.

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI TENGKORAK DAN ARTICULATIO TEMPOROMANDIBULARIS

Gambaran radiografi sendi-sendi di tengkorak dan articulatio temporomandibularis dapat dilihat pada Gambar 11-11 sampai 11-14.

Sendi-Sendi Columna Vertebralis

Articulatio Atlanto-Occipitalis

Articulatio atlanto-occipitalis merupakan sendi sinovial antara condylus occipitalis yang terdapat di kanan dan kiri foramen magnum di atas dan dengan facies articularis superior massa lateralis atlantis di bawah (Gambar 12-9). Sendi ini dibungkus oleh sebuah capsula.

Ligamenta

- **Membrana atlanto-occipitalis anterior.** Membrana ini merupakan lanjutan dari ligamentum longitudinale anterius, yang berjalan sebagai sebuah pita di permukaan anterior columna vertebralis. Membrana menghubungkan arcus anterior atlantis dengan margo anterior foramen magnum.
- **Membrana atlanto-occipitalis posterior.** Membrana ini sama dengan ligamentum flavum dan menghubungkan arcus posterior atlantis dengan margo posterior foramen magnum.

Pergerakan

Fleksi, ekstensi, dan fleksi lateral. Rotasi tidak dapat dilakukan.

Articulatio Atlanto-Axialis

Articulatio atlanto-axialis terdiri atas tiga buah sendi sinovial, yaitu sebuah articulatio antara dens dan arcus anterior atlantis, dan dua buah articulatio antara massa lateralis tulang (Gambar 12-9). Sendi-sendi ini dibungkus oleh capsula.

Ligamenta

- **Ligamentum apicis dentis.** Ligamentum ini terletak di garis tengah dan menghubungkan apex dentis dengan margo anterior foramen magnum (Gambar 12-9).
- **Ligamentum alaris.** Ligamentum ini terletak kanan dan kiri ligamentum apicis dentis dan menghubungkan dens axis dengan sisi medial condylus occipitalis (Gambar 12-9).
- **Ligamentum cruciatum.** Ligamentum ini terdiri atas bagian transversus dan bagian vertikal (Gambar 12-9). Bagian transversus melekat pada permukaan dalam massa lateralis atlantis kanan dan kiri dan mengikat dens pada arcus anterior atlantis. Bagian vertikal berjalan dari permukaan posterior corpus axis ke pinggir anterior foramen magnum (Gambar 12-9).
- **Membrana tectoria.** Membrana ini merupakan lanjutan ke atas dari ligamentum longitudinale posterius (Gambar 12-9). Melekat di atas os occipitale, tepat di dalam foramen magnum. Membrana ini menutupi permukaan posterior dens dan ligamentum apices dentis, alaris, dan cruciatum.

Gerakan

Dapat dilakukan gerakan rotasi atlas yang luas, dengan demikian terjadi gerakan kepala terhadap axis.

Sendi-Sendi Columna Vertebralis di Bawah Axis

Kecuali dua vertebra cervicalis yang pertama, semua vertebra lainnya saling bersendi satu dengan yang lain dengan perantaraan sendi kartilaginosa antar corpus dan sendi sinovial antar processus articularis (Gambar 12-10).

Sendi-Sendi Antar Dua Corpus Vertebrae

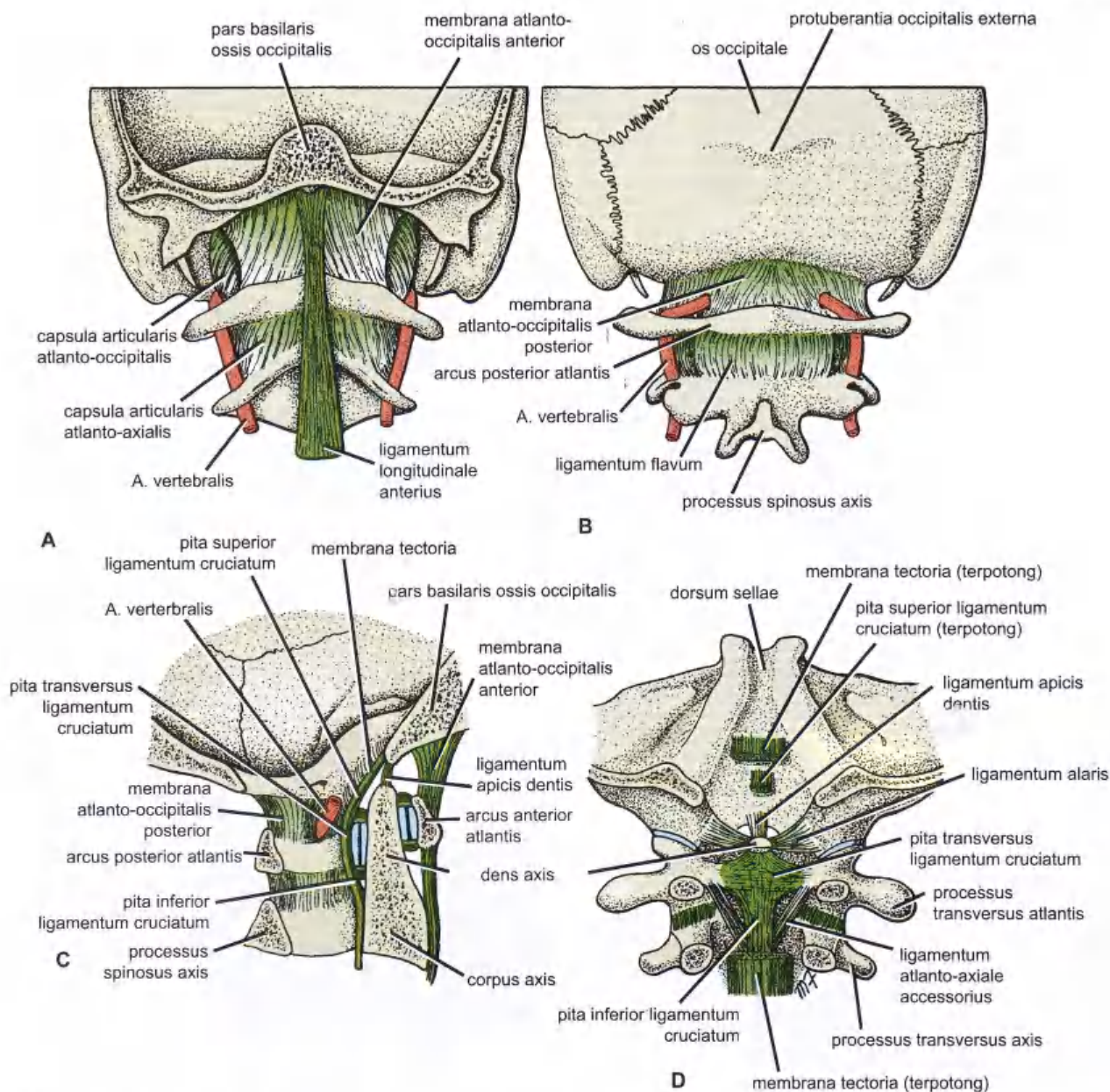
Permukaan atas dan bawah corpus vertebrae yang berdekatan dilapisi oleh lempeng tulang rawan hialin. Di antara lempeng tulang rawan tersebut, terdapat discus intervertebralis yang tersusun dari jaringan fibrocartilago (Gambar 12-10). Serabut-serabut collagen discus menyatukan kedua corpus vertebrae dengan kuat.

Di daerah cervicalis bawah, didapatkan sendi sinovial kecil di kanan dan kiri discus intervertebralis antara permukaan atas dan bawah corpus vertebrae.

Discus Intervertebralis

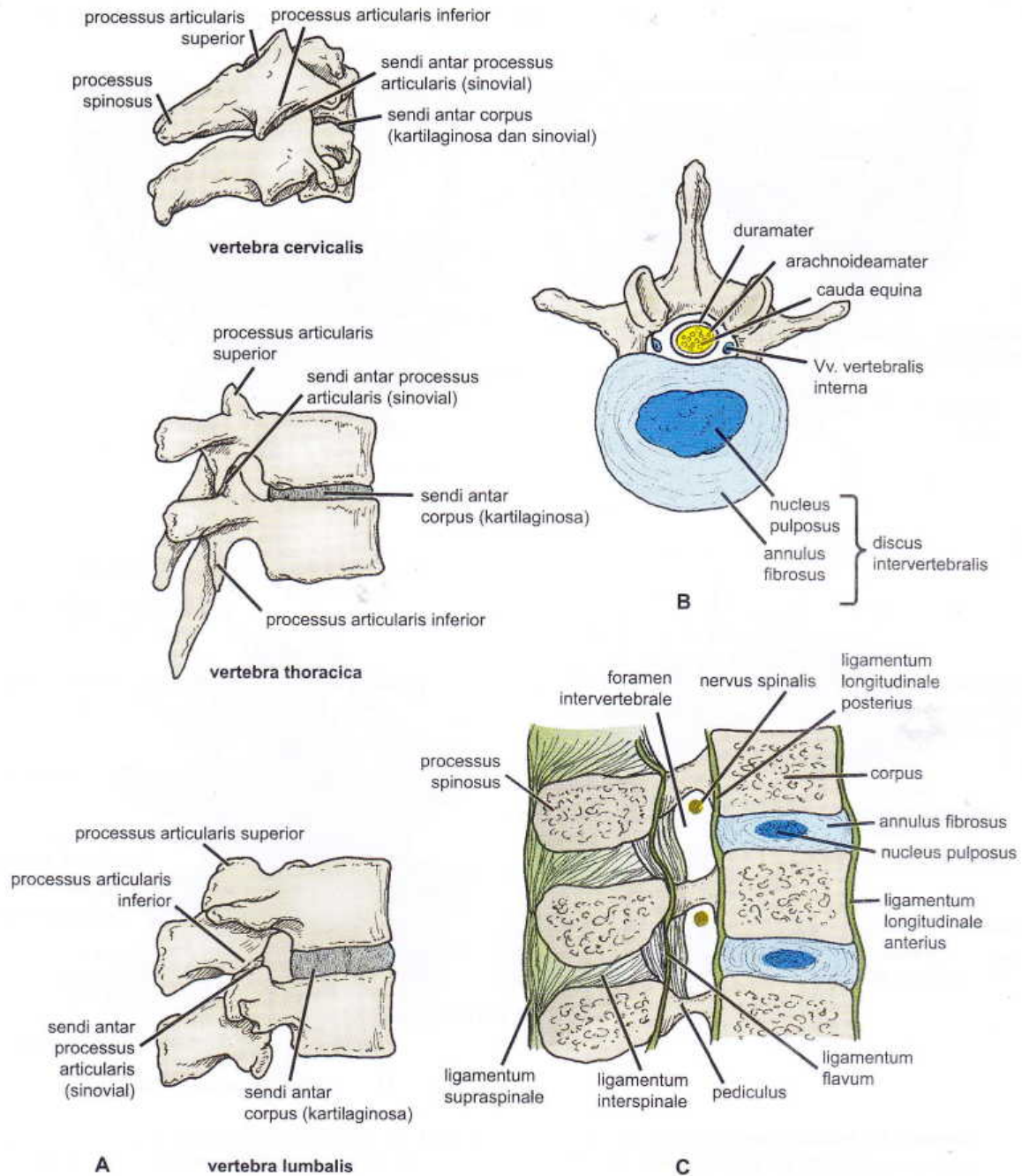
Discus intervertebralis memiliki seperempat dari panjang columna vertebralis (Gambar 12-10). Discus ini paling tebal di daerah cervical dan lumbal, tempat di mana banyak terjadi gerakan columna vertebralis. Struktur ini dapat dianggap sebagai discus semi-elastis, yang terletak di antara corpus vertebrae yang berdekatan dan bersifat kaku (Gambar 12-10). Ciri fisiknya memungkinkan discus berfungsi sebagai peredam benturan bila beban pada columna vertebralis mendadak bertambah, seperti bila seseorang melompat dari tempat yang tinggi. Kelenturannya memungkinkan vertebra yang kaku dapat bergerak satu dengan yang lain. Sayangnya daya pegas ini berangsur-angsur menghilang dengan bertambahnya usia.

Setiap discus terdiri atas bagian pinggir, anulus fibrosus, dan bagian tengah yaitu nucleus pulposus (Gambar 12-10).

Anulus fibrosus terdiri atas jaringan fibrocartilago, di dalamnya serabut-serabut collagen tersusun dalam lamel-lamel yang konsentris. Berkas collagen berjalan miring di antara corpus vertebrae yang berdekatan, dan lamel-lamel yang lain berjalan

Gambar 12-9 Articulatio atlanto-occipitalis: (**A**) tampak anterior dan (**B**) tampak posterior. Articulatio atlanto-axialis: penampang sagittal (**C**) dan tampak posterior (**D**). Perhatikan bahwa arcus posterior atlantis dan lamina dan processus spinosus axis dibuang.

dalam arah yang sebaliknya. Serabut-serabut yang lebih perifer melekat dengan erat pada ligamentum longitudinale anterius dan posterius dari columna vertebralis.

Nucleus pulposus pada anak-anak dan remaja merupakan massa lonjong dari zat gelatin yang banyak mengandung air, sedikit serabut collagen, dan sedikit sel-sel tulang rawan. Biasanya berada dalam tekanan dan terletak sedikit ke pinggir posterior daripada pinggir anterior discus.

Permukaan atas dan bawah corpus vertebrae yang berdekatan yang menempel pada discus diliputi oleh tulang rawan hialin yang tipis. Tidak ditemukan discus di antara dua vertebra cervicalis yang pertama atau di dalam os sacrum dan coccygis.

Gambar 12-10 A. Sendi-sendi di daerah cervical, thoracal, dan lumbal pada columna vertebralis. **B.** Vertebra L3 dilihat dari atas, memperlihatkan hubungan antara discus intervertebralis dan cauda equina. **C.** Potongan sagital melalui tiga vertebra lumbalis, memperlihatkan ligamentum-ligamentum dan discus intervertebralis. Perhatikan hubungan antara nervus spinalis yang keluar dari foramen intervertebrale dan discus intervertebralis.

CATATAN FISIOLOGI

Fungsi Discus Intervertebralis

Sifat nucleus pulposus yang setengah cair memungkinkannya berubah bentuk dan memungkinkan sebuah vertebra dapat menjungkit ke depan atau ke belakang di atas yang lain, seperti pada gerakan fleksi dan ekstensi columna vertebralis.

Peningkatan beban kompresi yang mendadak pada columna vertebralis menyebabkan nucleus pulposus yang semi cair ini menjadi gepeng. Dorongan keluar dari nucleus ini dapat ditahan oleh daya pegas anulus fibrosus di sekelilingnya. Kadang-kadang, dorongan keluar ini terlalu kuat bagi anulus, sehingga anulus menjadi robek dan nucleus pulposus keluar dan menonjol ke dalam canalis vertebralis, di mana nucleus ini dapat menekan radix nervus spinalis, nervus spinalis, atau bahkan medulla spinalis.

Dengan bertambahnya usia, kandungan air di dalam nucelus pulposus berkurang dan digantikan oleh fibrocartilago. Serabut-serabut collagen anulus berdegenerasi, dan sebagai akibatnya anulus tidak lagi berada dalam tekanan. Pada usia lanjut, discus ini tipis dan kurang lentur, dan tidak dapat lagi dibedakan antara nucleus dan anulus.

Ligamenta

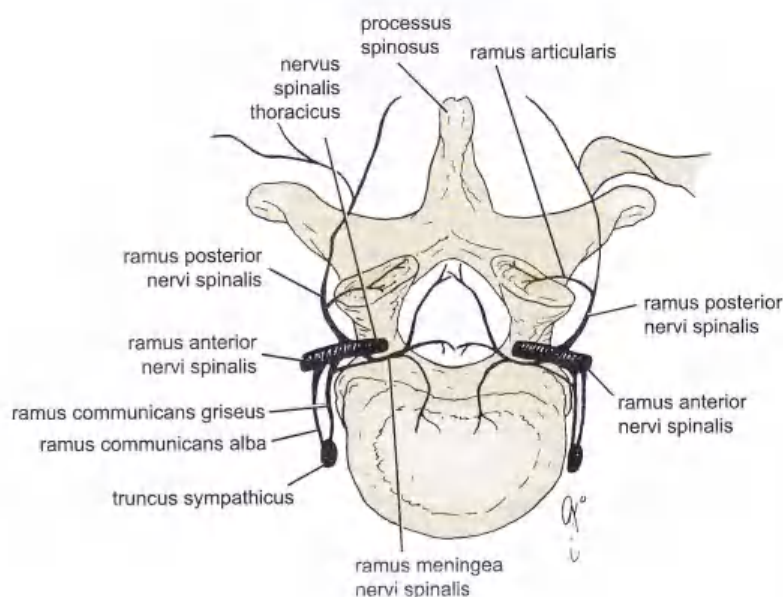
Ligamentum longitudinale anterius dan **posterius** berjalan turun sebagai sebuah pita pada permukaan anterior dan posterior columna vertebralis dari cranium sampai ke sacrum (Gambar 12-10 dan CD Gambar 12-XX). Ligamentum longitudinale anterius lebar dan melekat dengan kuat pada pinggir depan, samping corpus vertebrae, dan pada discus intervertebralis. Ligamentum longitudinale posterius lemah dan sempit dan melekat pada pinggir posterior discus. Ligamentum-ligamentum ini mengikat dengan kuat seluruh vertebra, tetapi tetap memungkinkan sedikit pergerakan di antaranya.

Sendi-Sendi Antar Dua Arcus Vertebrae

Sendi-sendi antar dua arcus vertebrae terdiri atas sendi sinovial antara processus articularis superior dan inferior dari vertebra yang berdekatan (Gambar 12-10). Facies articularis diliputi oleh tulang rawan hialin, dan sendi-sendi dikelilingi oleh ligamentum capsulare.

Ligamenta

- **Ligamentum supraspinale** (Gambar 12-10): Ligamentum ini berjalan di antara ujung-ujung processus spinosus yang berdekatan.
- **Ligamentum interspinale** (Gambar 12-10): Ligamentum ini menghubungkan processus spinosus yang berdekatan.
- **Ligamentum intertransversarium:** Ligamentum ini berjalan di antara processus transversus yang berdekatan.
- **Ligamentum flavum** (Gambar 12-10): Ligamentum ini menghubungkan lamina dari vertebra yang berdekatan.

Di daerah cervical, ligamentum supraspinale dan interspinale sangat tebal, membentuk **ligamentum nuchae** yang kuat. Ligamentum nuchae terbentang dari processus spinosus vertebra C7 sampai ke protuberantia occipitalis externa, dengan pinggir anteriornya melekat dengan kuat pada processus spinosus di antaranya.

Gambar 12-11 Persarafan sendi-sendi vertebralis. Pada setiap tingkat vertebra, sendi-sendi menerima serabut saraf dari dua nervus spinalis yang berdekatan.

Persarafan Sendi-Sendi Vertebra

Sendi-sendi antara corpus vertebrae dipersarafi oleh cabang kecil meningea masing-masing saraf spinal (Gambar 12-11). Saraf ini berasal dari nervus spinalis pada saat saraf ini keluar dari foramen intervertebrale. Kemudian saraf ini masuk kembali ke dalam canalis vertebralis melalui foramen intervertebrale dan menyarafi meningen, ligamenta, dan discus intervertebralis. Sendi-sendi antara processus articularis dipersarafi oleh cabang-cabang dari rami posteriores nervi spinales (Gambar 12-11). Perlu diperhatikan bahwa sendi-sendi pada setiap tingkat menerima serabut saraf dari dua nervus spinalis yang berdekatan.

Lengkung Columna Vertebralis

Lengkung-lengkung columna vertebralis diuraikan secara lengkap pada halaman 368.

Gerakan Columna Vertebralis

Seperti telah disebutkan sebelumnya, columna vertebralis terdiri atas sejumlah vertebra yang berbeda dan tersusun tapi satu dengan yang lain dan dipisahkan oleh discus intervertebralis. Vertebrae dipertahankan pada tempatnya oleh ligamenta kuat yang sangat membatasi derajat gerakan yang mungkin terjadi antar vertebra yang berdekatan. Meskipun demikian, hasil akhir dari gabungan semua gerakan ini memperlihatkan gerakan columna vertebralis yang cukup besar.

Gerakan-gerakan berikut ini dapat dilakukan: fleksi, ekstensi, fleksi lateral, rotasi, dan sirkumduksi.

- **Fleksi** adalah gerakan ke depan, dan **ekstensi** adalah gerakan ke belakang. Keduanya dapat dilakukan dengan leluasa di daerah cervical dan lumbal, tetapi terbatas pada daerah thoracal.
- **Fleksi lateral** adalah melengkungnya tubuh ke salah satu sisi. Gerakan ini mudah dilakukan di daerah cervical dan lumbal, tetapi terbatas di daerah thoracal.
- **Rotasi** adalah gerakan memutar columna vertebralis. Gerakan ini sangat terbatas di daerah lumbal.
- **Sirkumduksi** adalah kombinasi dari seluruh gerakan-gerakan di atas.

Tipe dan luas gerakan yang dapat dilakukan pada masing-masing daerah columna vertebralis tergantung pada ketebalan discus intervertebralis dan bentuk serta arah processus articularis. Di daerah thoracal, costa, cartilago costalis, dan sternum sangat membatasi kebebasan gerakan.

Articulatio atlanto-occipitalis memungkinkan fleksi dan ekstensi yang luas dari kepala. **Articulatio atlanto-axialis** memungkinkan rotasi luas pada atlas dan dengan demikian kepala terhadap axis.

Columna vertebralis digerakkan oleh banyak otot, yang sebagian besar melekat langsung pada vertebra, sementara yang lain seperti musculus sternocleidomastoideus dan otot-otot dinding perut melekat pada cranium, costa-costa, atau fascia.

Di daerah cervical, gerakan fleksi dilakukan oleh musculus longus colli, musculus scalenus anterior, dan musculus sternocleidomastoideus. Ekstensi dilakukan oleh otot-otot posvertebralis. Fleksi lateral dilakukan oleh musculus scalenus anterior dan medius, musculus trapezius, dan musculus sternocleidomastoideus. Rotasi dilakukan oleh musculus sternocleidomastoideus pada satu sisi dan musculus splenius pada sisi lainnya.

Di daerah thoracal, rotasi dilakukan oleh musculi semispinales dan otot-otot rotator, dibantu oleh otot-otot serong dinding anterolateral abdomen.

Di daerah lumbal, fleksi dilakukan oleh musculus rectus abdominis dan musculi psoas. Ekstensi dilakukan oleh musculi postvertebrales. Fleksi lateral dilakukan oleh musculi postvertebrales, musculus quadratus lumborum, dan otot-otot serong dinding anterolateral abdomen. Musculus psoas mungkin ikut dalam gerakan ini. Gerakan rotasi dilakukan oleh otot-otot rotator dan otot-otot serong dinding anterolateral abdomen.

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI COLUMNA VERTEBRALIS

Gambaran radiografi sendi-sendi columna vertebralis dapat dilihat pada Gambar 11-24 sampai 11-29.

Sendi-Sendi Costa

Di posterior, costa tipikal bersendi melalui caput costae dan tuberculum costae dengan columna vertebralis. Di anterior, tujuh costa yang pertama bersama dengan cartilagines costaenya bersendi dengan sternum (Gambar 12-12). Costa VIII, IX, dan X beserta cartilagines costaenya bersendi dengan cartilagines costae di atasnya. Costa XI dan XI melayang bebas di anterior.

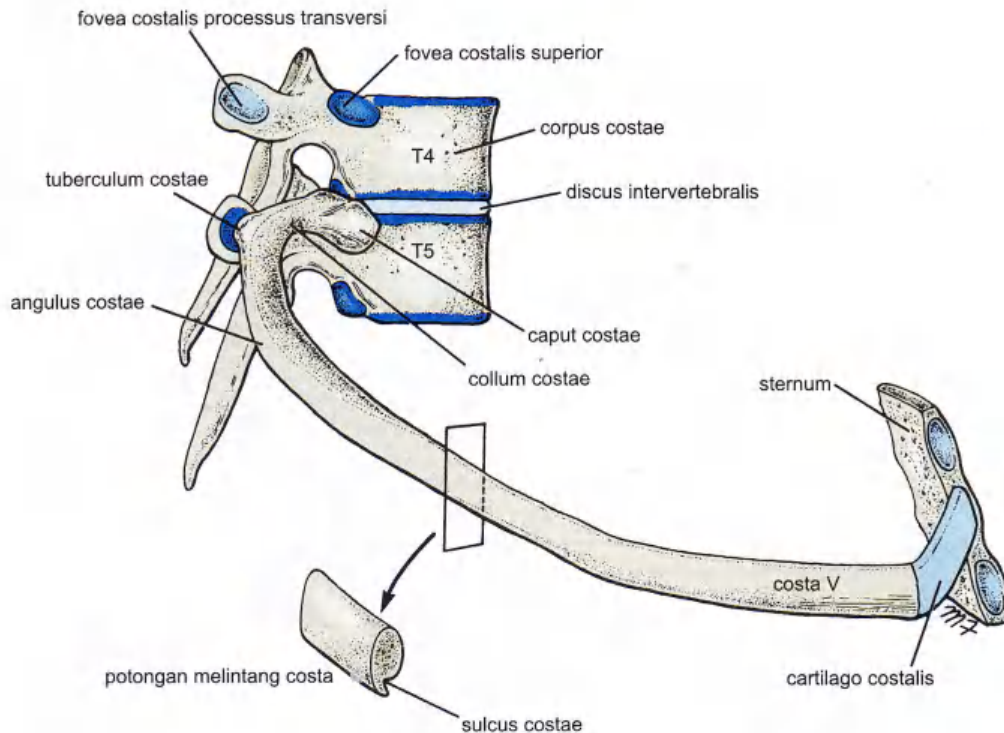
Sendi-Sendi Caput Costae

Costa I dan tiga costa yang terbawah mempunyai sebuah sendi sinovialis dengan corpus vertebrae yang sesuai. Costa II sampai IX, caput costaenya bersendi melalui sendi sinovial dengan corpus vertebrae yang sama nomornya dan corpus vertebrae yang berada tepat di atasnya (Gambar 12-12).

Sendi-Sendi Tuberculum Costae

Tuberculum costae bersendi melalui sendi sinovial dengan processus transversus vertebrae yang sesuai nomornya (Gambar 12-12). (Sendi ini tidak ada pada costa XI dan XII).

Persendian Costochondral

Persendian costochondral merupakan sendi kartilaginosa, dan tidak ada gerakan yang mungkin dilakukan.

Gambar 12-12 Costa V kanan di posterior bersendi di posterior dengan columna vertebralis dan di anterior dengan sternum. Perhatikan bahwa caput costae bersendi dengan corpus vertebrae nomor yang sama dan vertebra yang tepat di atasnya.

Persendian Cartilagines Costales dengan Sternum

Cartilago costalis I dilekatkan pada manubrium sterni, dan tidak ada gerakan yang mungkin dilakukan (Gambar 12-13). Cartilago costalis II bersendi dengan manubrium dan corpus sterni melalui sebuah sendi sinovial yang dapat bergerak. Cartilagines costales III sampai VII bersendi dengan pinggir lateral sternum melalui sendi sinovial. (Cartilago costalis ke VI, VII, VIII, IX, dan X bersendi satu dengan yang lain melalui sendi sinovial yang kecil pada pinggirnya masing-masing. Cartilago costalis yang ke XI dan XII melekat pada otot abdomen).

Gerakan Costae dan Cartilagines Costales

Costa I dan cartilago costalisnya difiksasi pada manubrium sterni dan tidak dapat bergerak. Pengangkatan dan penurunan costae selama respirasi diikuti oleh gerakan-gerakan baik sendi-sendi pada caput maupun tuberculum costae, sehingga memungkinkan collum costae dari setiap costa berputar disekitar sumbunya.

Sendi-Sendi Sternum

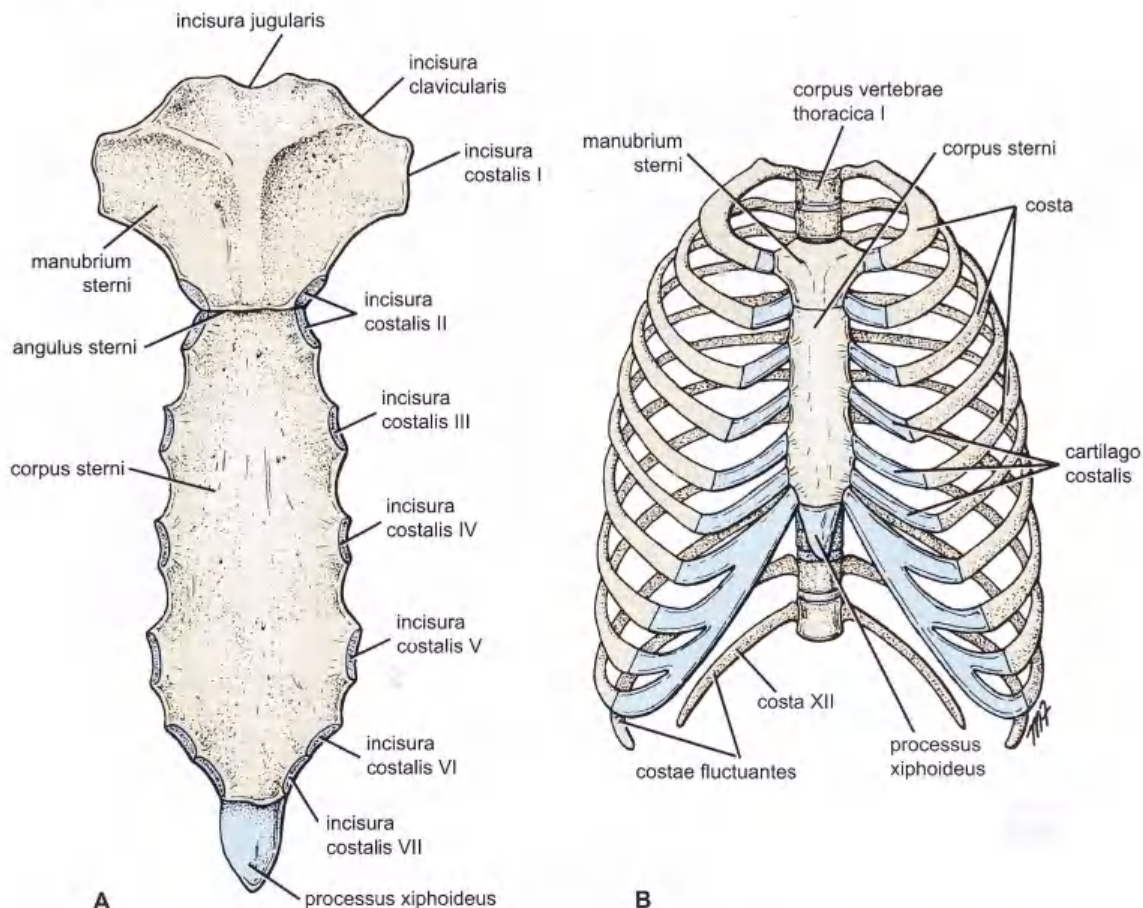
Articulatio manubriosternalis merupakan sendi kartilaginosa antara manubrium dan corpus sterni (Gambar 12-13). Sedikit gerakan mungkin dilakukan oleh angulus sterni selama waktu respirasi. **Articulatio xiphisternalis** merupakan sendi kartilaginosa antara processus xiphoideus (cartilago) dan corpus sterni (Gambar 12-13). Processus xiphoideus biasanya bergabung dengan corpus sterni selama usia dewasa muda.

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI THORAX

Gambaran radiografi sendi-sendi di thorax dapat dilihat pada Gambar 3-37 sampai 3-42.

Sendi-Sendi Extremitas Superior

Articulatio Sternoclavicularis

- **Articulatio:** Terbentuk di antara ujung sternal clavicula, manubrium sterni, dan cartilago costalis I (Gambar 12-14).

Gambar 12-13 A. Permukaan anterior sternum. **B.** Sternum, costae, dan cartilagines costales membentuk rangka thorax.

- **Tipe:** Sendi sinovial dua sumbu.
- **Capsula articularis:** Mengelilingi sendi dan melekat pada facies articularis.
- **Ligamenta:** Simpai sendi diperkuat di depan dan belakang oleh **ligamentum sternoclaviculare** yang kuat.
- **Discus articularis:** Discus fibrocartilaginosa yang pipih terletak di dalam sendi dan membagi bagian dalam sendi atas menjadi dua ruangan (Gambar 12-14). Lingkar sendi melekat pada bagian dalam capsula articularis, tetapi di sebelah atas melekat dengan erat pada pinggir atas facies articularis claviculae dan di bawah dengan cartilago costalis I.
- **Ligamentum tambahan: Ligamentum costoclaviculare** adalah sebuah ligamentum kuat yang berjalan dari perbatasan costa I dengan cartilago costalis I ke permukaan bawah pars sternalis claviculae (Gambar 12-14).
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula articularis dan melekat pada pinggir tulang rawan yang meliputi permukaan sendi.
- **Persarafan:** Nervus supraclavicularis dan nervus yang menyarafi musculus subclavius.

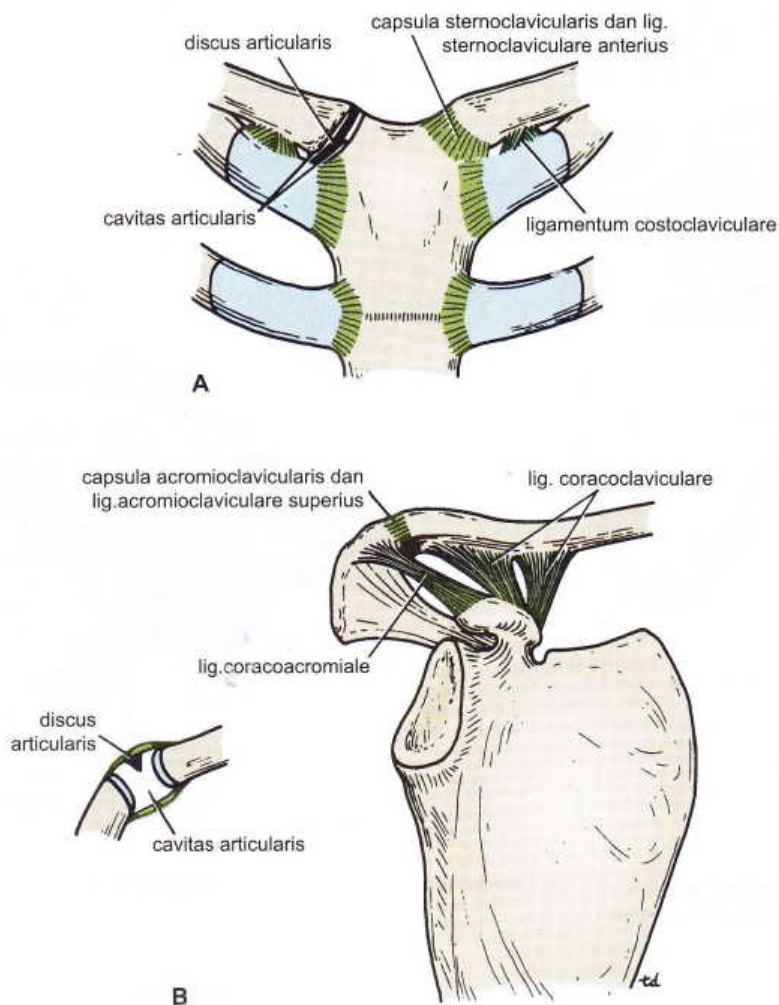
Gerakan

Gerakan clavicula ke depan dan belakang terjadi pada bagian medial. Elevasi dan depresi dari clavicula terjadi pada bagian lateral.

Otot-Otot yang Melakukan Gerakan

Gerakan ke depan clavicula dilakukan oleh musculus serratus anterior. Gerakan ke belakang dilakukan oleh musculus trapezius dan musculi rhomboidei. Elevasi clavicula dilakukan oleh musculus trapezius, musculus sternocleidomastoideus, musculus levator scapulae, dan musculi rhomboidei. Depresi clavicula dilakukan oleh musculus pectoralis minor dan musculus subclavius (Gambar 12-15).

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Kulit dan sebagian serabut musculus sternocleidomastoideus dan musculus pectoralis major.
- **Ke posterior:** musculus sternohyoideus; di kanan, arteria brachiocephalica; di kiri, vena brachiocephalica sinistra dan arteria carotis communis sinistra.

Gambar 12-14 A. articulatio sternoclavicularis. **B.** articulatio acromioclavicularis.

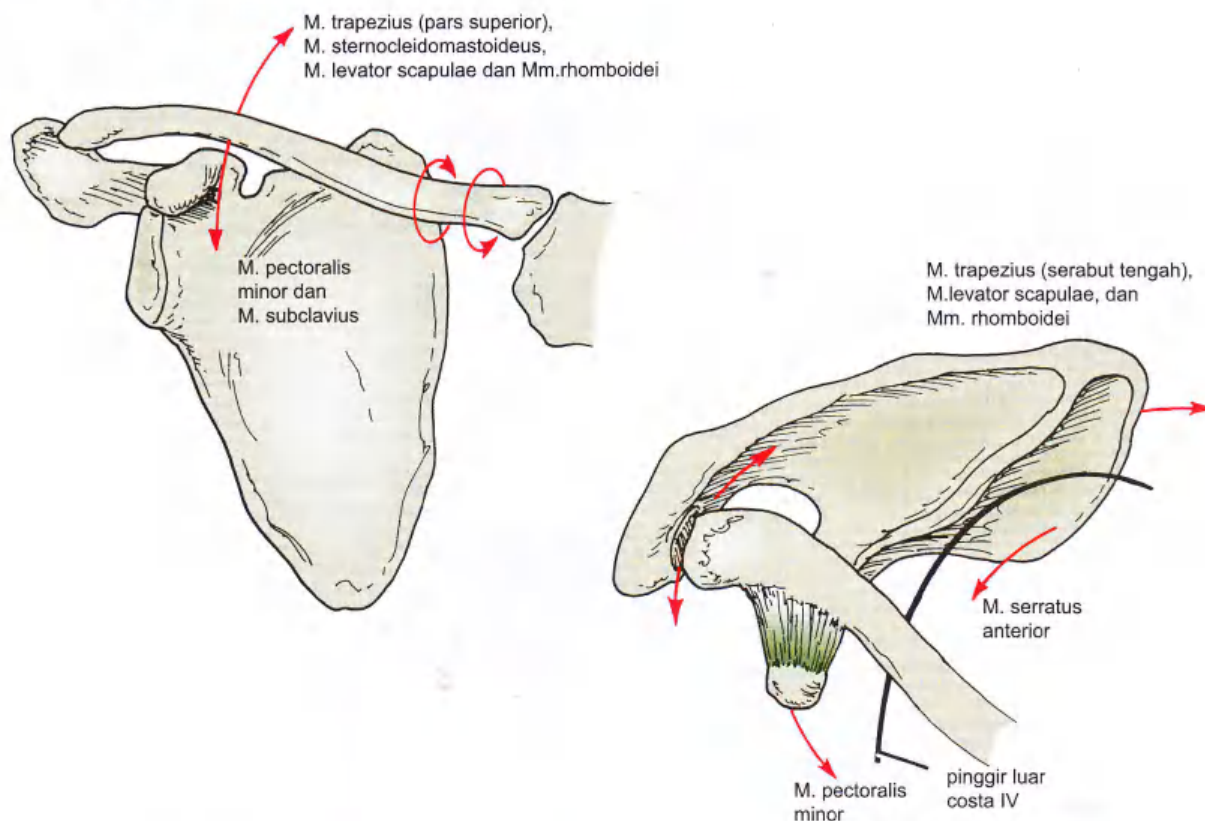
Articulatio Acromioclavicularis

- **Articulatio:** terjadi di antara acromion dan ujung lateral clavicula (Gambar 12-14).
- **Tipe:** Sendi sinovial.
- **Capsula articularis:** Mengelilingi sendi dan melekat pada pinggir facies articularis.
- **Ligamenta: Ligamentum acromioclaviculare superius** dan **inferius** memperkuat capsula articularis; dari capsula, dari sisi atas sebuah **discus fibrocartilagineus** berbentuk baji menonjol ke dalam rongga (Gambar 12-14).
- **Ligamentum tambahan: Ligamentum coracoclaviculare** yang sangat kuat berjalan dari processus coracoideus menuju permukaan bawah clavicula (Gambar 12-14). Ligamentum ini terutama bertanggung jawab menggantungkan berat scapula dan extremitas superior pada clavicula
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula articularis dan melekat pada pinggir cartilago yang meliputi permukaan sendi.
- **Persarafan:** Nervus suprascapularis.

Gerakan

Terjadi gerakan yang luwes waktu scapula memutar, atau waktu clavicula diangkat atau ditekan ke bawah (Gambar 12-15).

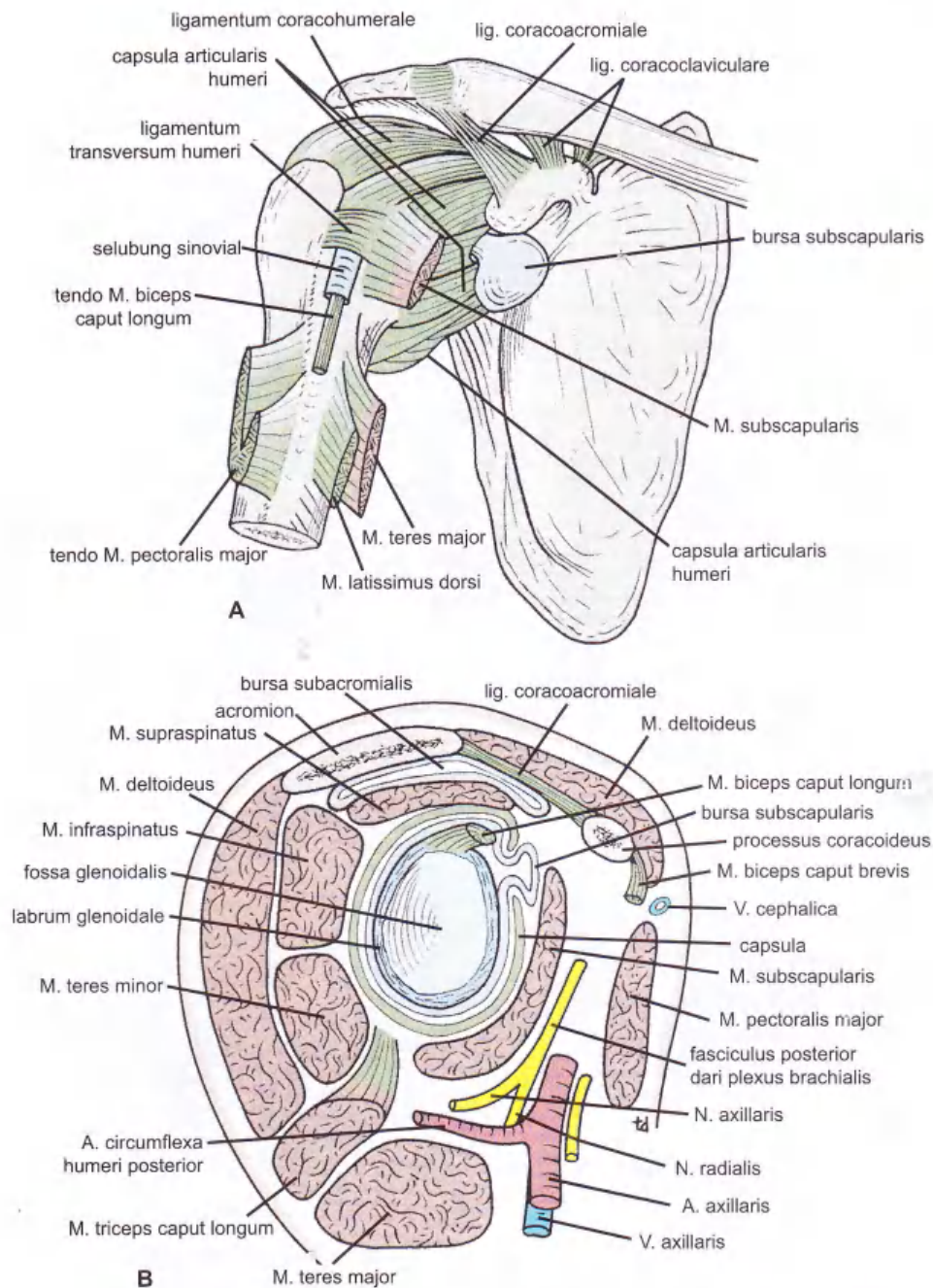
Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Musculus deltoideus.
- **Ke posterior:** Musculus trapezius.
- **Ke superior:** Kulit.

Gambar 12-15 Kemungkinan gerak yang luas pada articulatio sternoclavicularis dan acromioclavicularis, memperbesar gerakan pada clavicula dan extremitas superior.

Articulatio Humeri

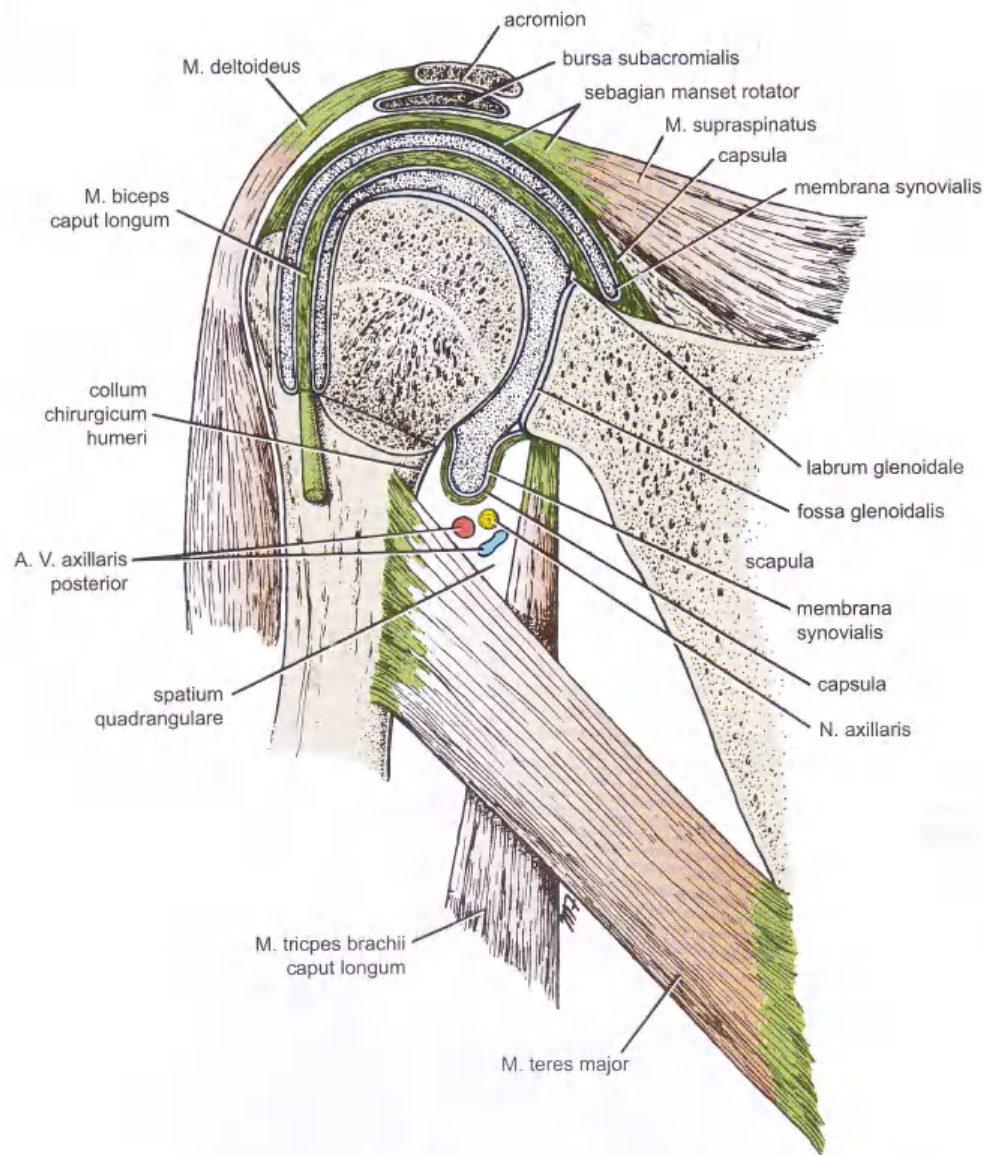
- **Articulatio:** Persendian terjadi di antara caput humeri yang bulat dengan cavitas glenoidalis scapulae yang dangkal dan berbentuk seperti buah pir. Facies articularis diliputi oleh cartilago articulare hialin, dan cavitas glenoidalis diperdalam oleh adanya lingkaran fibrocartilago yang dinamakan **labrum glenoidale** (Gambar 12-16 dan 12-17).
- **Tipe:** Sendi sinovial *"ball and socket"*.
- **Capsula articularis:** Meliputi sendi dan di medial melekat pada pinggir cavitas glenoidalis di luar labrum; di lateral capsula melekat pada collum anatomicum humeri (Gambar 12-17). Capsula articularis ini tipis dan lemas, memungkinkan gerakan yang luas. Capsula articularis diperkuat oleh lembaran fibrosa yang berasal dari tendo musculus subscapularis, musculus supraspinatus, musculus infraspinatus, dan musculus teres minor (otot-otot manset rotator).
- **Ligamenta: Ligamenta glenohumeralia** adalah tiga buah pita jaringan fibrosa yang memperkuat bagian depan capsula articularis. **Ligamentum humerale transversum** memperkuat capsula articularis dan menghubungkan celah antara kedua tuberculum (Gambar 12-16). **Ligamentum coracohumerale** memperkuat capsula articularis dari sebelah atas dan terbentang dari pangkal process coracoideus sampai ke tuberculum majus humeri (Gambar 12-16).
- **Ligamentum tambahan: Ligamentum coracoacromiale** terbentang di antara processus coracoideus dan acromion. Fungsinya adalah untuk melindungi bagian atas sendi (Gambar 12-16).
- **Membrana synovialis:** Membrana ini melapisi capsula articularis dan melekat pada pinggir cartilago yang meliputi facies articularis (Gambar 12-16 dan 12-17). Membrana ini membentuk sarung di sekitar tendo musculus biceps brachii caput longum. Membrana ini menonjol keluar dari dinding anterior capsula untuk membentuk **bursa subscapularis** yang terletak di bawah musculus subscapularis (Gambar 12-16).
- **Persarafan:** Nervus axillaris dan nervus suprascapularis.

Gerakan dan Otot-Otot yang Menggerakkannya

Articulatio humeri mempunyai kemungkinan gerak yang luas dan stabilitas sendi yang kurang (bandingkan dengan articulatio coxae, yang stabil tetapi mempunyai kemungkinan gerak yang terbatas). Kekuatan sendi tergantung pada tonus otot-otot manset

Gambar 12-16 Articulatio humeri dan hubungannya. **A.** Tampak anterior. **B.** Penampang sagital.

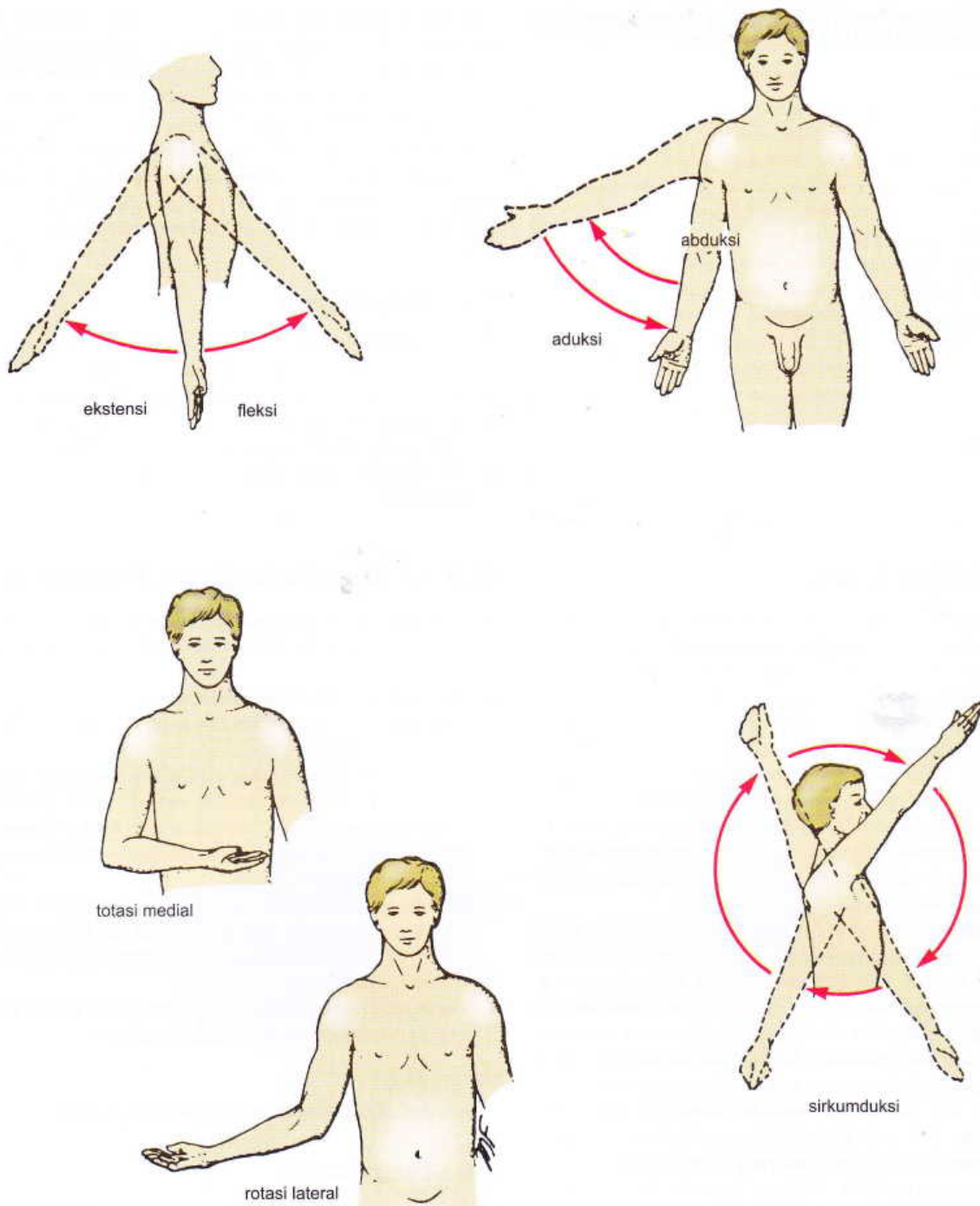
rotator yang terdapat di depan, di atas, dan di belakang sendi, yaitu musculus subscapularis, musculus supraspinatus, musculus infraspinatus, dan musculus teres minor. Jika sendi dalam keadaan abduksi, permukaan bawah caput humeri disokong oleh caput longum musculus triceps yang menekuk ke bawah oleh karena panjangnya dan memberikan sedikit sokongan pada humerus. Selain itu, bagian bawah capsula articularis merupakan tempat yang paling lemah.

Gerakan-gerakan yang dapat dilakukan (Gambar 12-18):

- **Fleksi:** Fleksi normal sekitar 90° dan dilakukan oleh serabut anterior musculus deltoideus, musculus pectoralis major, musculus biceps brachii, dan musculus coracobrachialis.
- **Ekstensi:** Ekstensi normal sekitar 45° dan dilakukan oleh serabut posterior musculus deltoideus, musculus latissimus dorsi, dan musculus teres major.

Gambar 12-17 Bagian dalam articulatio humeri.

- **Abduksi:** Abduksi extremitas superior terjadi pada dua sendi, yaitu articulatio humeri dan sendi di antara scapula dan dinding thorax. Gerakan ini dilakukan oleh serabut tengah musculus deltoideus, dibantu oleh musculus supraspinatus. Musculus supraspinatus memulai gerakan abduksi dan mempertahankan caput humeri pada cavitas glenoidalis scapulae; posisi ini memungkinkan musculus deltoideus berkontraksi dan melakukan abduksi humerus pada articulatio humeri.
- **Aduksi:** Normal extremitas superior dapat melakukan gerakan mengayun sebesar 45° di depan thorax. Gerakan ini dilakukan oleh musculus pectoralis major, musculus latissimus dorsi, musculus teres major, dan musculus teres minor.
- **Rotasi lateral:** Rotasi lateral normal sekitar 40° sampai 45°. Gerakan ini dilakukan oleh musculus infraspinatus, musculus teres minor, dan serabut posterior musculus deltoideus.
- **Rotasi medial:** Rotasi medial normal sekitar 55°. Gerakan ini dilakukan oleh musculus subscapularis, musculus latissimus dorsi, dan musculus teres major, dan serabut anterior musculus deltoideus.
- **Sirkumduksi:** Adalah kombinasi dari gerakan-gerakan di atas.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Musculus subscapularis, pembuluh darah aksila, dan plexus brachialis.
- **Ke posterior:** Musculus infraspinatus dan musculus teres minor.

Gambar 12-18 Gerakan-gerakan yang mungkin dilakukan pada articulatio humeri. Abduksi glenohumeral murni hanya mungkin sebesar 120°, gerakan selanjutnya dari extremitas superior di atas tingkat tersebut membutuhkan gerakan rotasi dari scapula (lihat teks).

- **Ke superior:** Musculus supraspinatus, bursa subacromialis, ligamentum coracoacromiale, dan musculus deltoideus.
- **Ke inferior:** Musculus triceps brachii caput longum, nervus axillaris, dan vasa circumflexa humeri posterior.

Tendo musculus biceps brachii caput longum melewati sendi dan muncul di bawah ligamentum transversum.

CATATAN FISIOLOGI

Mekanisme Scapulo-Humeralis

Scapula dan extremitas superior digantungkan pada clavicula oleh ligamentum coracoclaviculare yang kuat dan dibantu oleh tonus otot-otot. Jika scapula melakukan gerakan rotasi pada dinding thorax, maka posisi dari cavitas glenoidalis scapulae akan berubah. Sumbu dari gerakan ini diduga melalui ligamentum coracoclaviculare.

Abduksi lengan atas berhubungan dengan rotasi scapula dan articulatio humeri. Setiap 3° abduksi lengan atas, terjadi abduksi 2° pada articulatio humeri dan abduksi 1° oleh karena rotasi dari scapula. Pada abduksi sekitar 120° lengan atas, tuberculum majus humeri terbentur pada ujung lateral acromion. Gerakan mengangkat lengan atas lebih tinggi dari kepala membutuhkan gerakan rotasi scapula. Gambar 12-19 adalah diagram dari gerakan abduksi lengan atas dan memperlihatkan arah tarikan dari otot-otot yang berperan pada gerakan tersebut.

Articulatio Cubiti

- **Articulatio:** Terjadi di antara trochlea dan capitulum humeri dan incisura trochlearis ulnae dan caput radii (Gambar 12-20). Facies articularis ditutupi oleh tulang rawan hialin.
- **Tipe:** Sendi engsel sinovial (ginglymus).
- **Capsula: Di anterior**, capsula di atas melekat pada humerus sepanjang pinggir atas fossa coronoidea dan fossa radialis, di depan pada epicondylus medialis dan lateralis, dan di bawah melekat pada pinggir processus coronoideus ulnae dan ligamentum annulare yang mengelilingi caput radii. **Di posterior**, capsula melekat di atas pada pinggir fossa olecranii dan di bawah melekat pada pinggir atas dan sisi-sisi processus olecranii ulnae dan ligamentum annulare.
- **Ligamenta: Ligamentum collaterale laterale** (Gambar 12-20) berbentuk segitiga dengan apexnya melekat pada epicondylus lateralis humeri, dan dasarnya melekat pada pinggir atas ligamentum annulare. **Ligamentum collaterale mediale** juga berbentuk segitiga dan terdiri dari tiga pita utama yang kuat: pita anterior yang terbentang dari epicondylus medialis humeri ke pinggir medial processus coronoideus; pita posterior yang berjalan dari epicondylus medialis humeri ke sisi medial olecranon; dan pita transversal yang berjalan di antara perlekatan ulna dari kedua pita yang disebut terdahulu.
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan menutupi bantalan lemak pada dasar fossa coronoidea, fossa radialis, dan fossa olecrani; membrana ini berhubungan ke distal dengan membrana synovialis pada articulatio radioulnaris proximal.
- **Persarafan:** cabang-cabang dari nervus medianus, nervus ulnaris, nervus musculocutaneus, dan nervus radialis.

Gerakan dan Otot-Otot yang Menggerakkannya

Articulatio cubiti dapat melakukan fleksi dan ekstensi. Fleksi dibatasi oleh tertumbuknya permukaan anterior lengan bawah dengan lengan atas. Ekstensi dibatasi oleh teregangnya ligamentum anterius dan musculus brachialis. Gerakan **fleksi** dilakukan oleh musculus brachialis, musculus biceps brachii, musculus brachioradialis dan musculus pronator teres. **Ekstensi** dilakukan oleh musculus triceps brachii dan musculus anconeus.

Perlu diperhatikan bahwa sumbu panjang lengan bawah dalam keadaan ekstensi membentuk sudut dengan sumbu panjang lengan atas. Sudut ini yang membuka ke lateral disebut ***carrying angle*** dan besarnya sekitar 170° pada pria dan 167° pada wanita. Sudut ini menghilang saat articulatio cubiti melakukan fleksi maksimal.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Musculus brachialis, tendo musculus biceps brachii, nervus medianus, dan arteria brachialis.
- **Ke posterior:** Musculus triceps dan bursa kecil diantaranya.
- **Ke medial:** Nervus ulnaris berjalan di belakang epicondylus medialis dan menyilang ligamentum collaterale mediale.
- **Ke lateral:** Tendo extensor communis dan musculus supinator.

Articulatio Radioulnaris Proximalis

- **Articulatio:** Di antara circumferentia articulare caput radii dan ligamentum annulare serta incisura radialis ulnae (Gambar 12-20 dan 12-21).
- **Tipe:** Sendi pasak sinovial (trochoidea).
- **Capsula:** Capsula membungkus sendi dan berlanjut sebagai capsula articulatio cubiti.
- **Ligamentum: Ligamentum anulare** melekat pada pinggir anterior dan posterior incisura radialis ulnae membentuk cincin di sekitar caput radii (Gambar 12-21). Capsula ini berlanjut ke atas sebagai capsula articulatio cubiti dan capsula ini tidak melekat pada radius.
- **Membrana synovialis:** Di atas berhubungan dengan membrana synovialis articulatio cubiti. Di bawah melekat pada pinggir inferior facies articularis radii dan pinggir bawah incisura radialis ulnae.
- **Persarafan:** Cabang-cabang nervus medianus, nervus ulnaris, nervus musculocutaneus, dan nervus radialis.

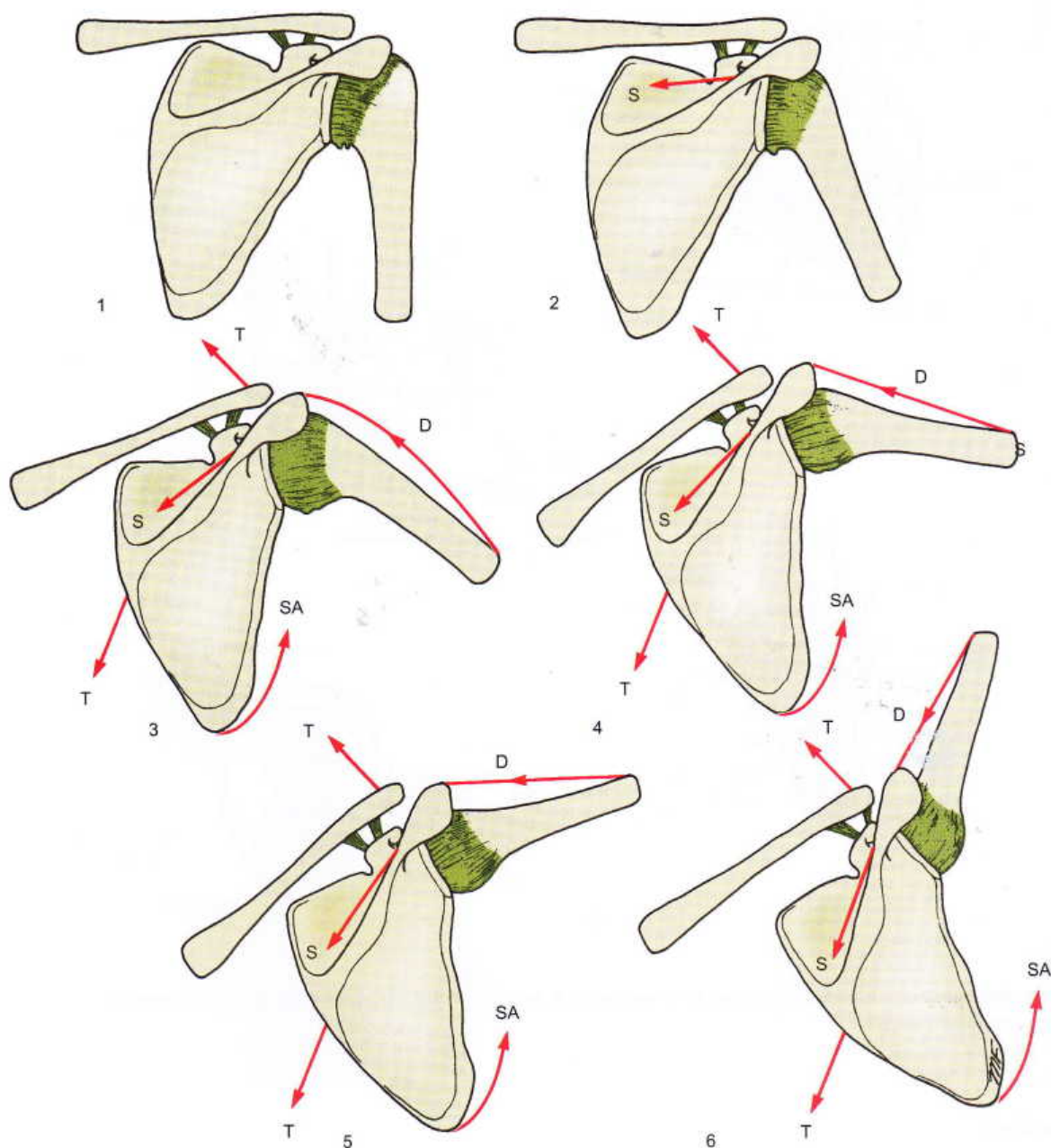
Pergerakan

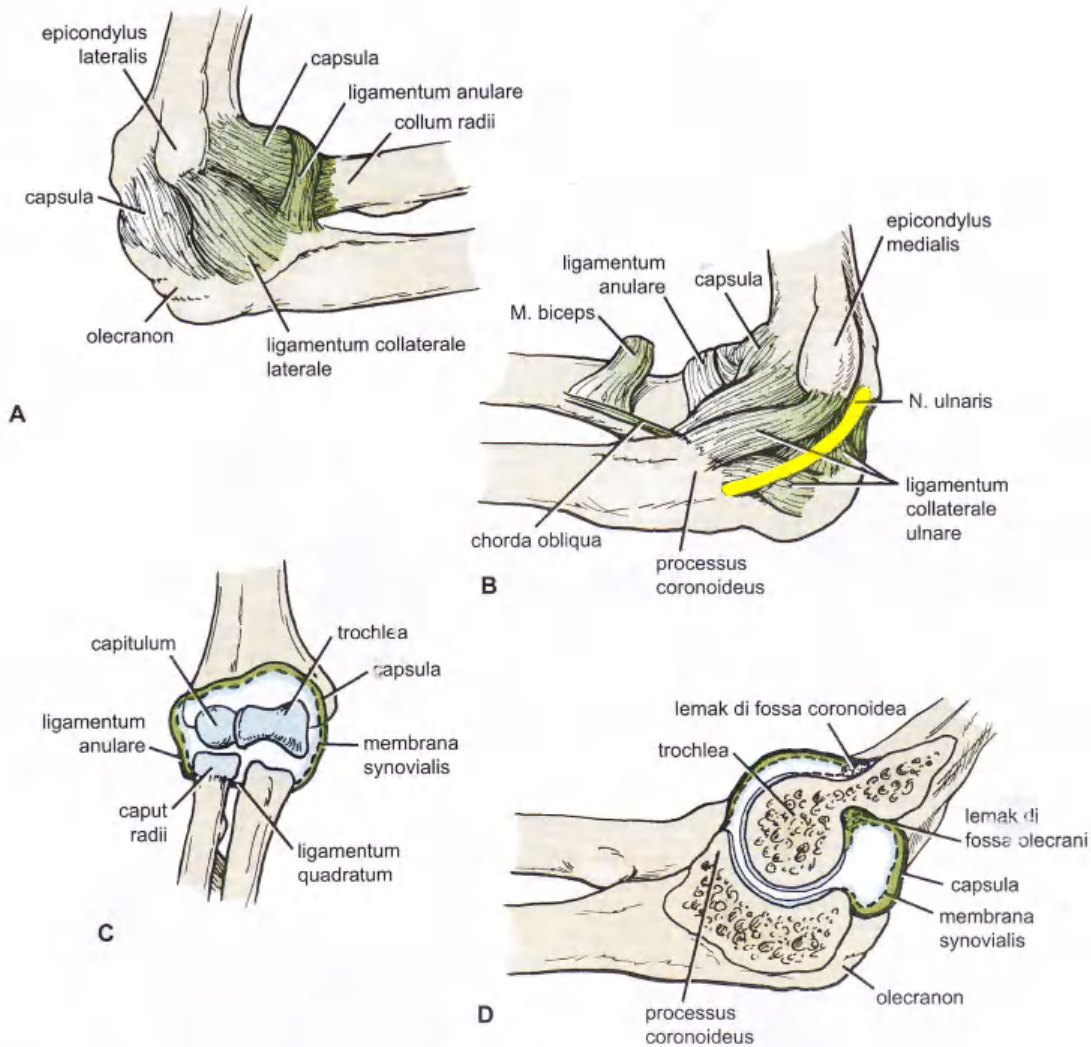
Pronasi dan supinasi lengan bawah (lihat halaman 378).

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Musculus supinator dan nervus radialis.
- **Ke posterior:** Musculus supinator dan tendo extensor communis.

Articulatio Radioulnaris Distalis

- **Articulatio:** Di antara caput ulnae dan incisura ulnaris radii (Gambar 12-21).
- **Tipe:** Sendi pasak sinovial (trochoidea).
- **Capsula:** Capsula membungkus sendi tetapi di bagian atas tidak sempurna.

Gambar 12-19 Gerakan abduksi articulatio humeri dan rotasi scapula serta otot-otot yang melakukan gerakan tersebut. Setiap 3° abduksi lengan atas, terjadi abduksi 2° pada articulatio humeri dan abduksi 1° oleh karena rotasi dari scapula. Pada abduksi sekitar 120° lengan atas, tuberculum majus humeri terbentur pada ujung lateral acromion. Gerakan mengangkat lengan atas lebih tinggi dari kepala membutuhkan gerakan rotasi scapula. S = Musculus supraspinatus, D= Musculus deltoideus, T = Musculus trapezius, dan SA= Musculus serratus anterior.

- **Ligamenta:** Ligamentum **anterius** dan **posterius** yang lemah berfungsi memperkuat capsula.
- **Discus articularis:** Berbentuk segitiga dan dibentuk oleh fibrocartilago. Apeksnya melekat pada sisi lateral basis processus styloideus ulnae dan dasarnya ke pinggir bawah incisura ulnaris radii (Gambar 12-21). Discus ini memisahkan articulatio radioulnaris distalis dengan articulatio radiocarpea dan memperkuat hubungan radius dan ulna.
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan berjalan dari pinggir facies articularis yang satu ke sisi yang lain.
- **Persarafan:** Nervus interosseus anterior dan ramus profundus nervus radialis.

Gambar 12-20 Articulatio cubiti dextra. **A**. Tampak lateral. **B**. Tampak medial. **C**. Bagian dalam sendi tampak anterior. **D**. Penampang sagital.

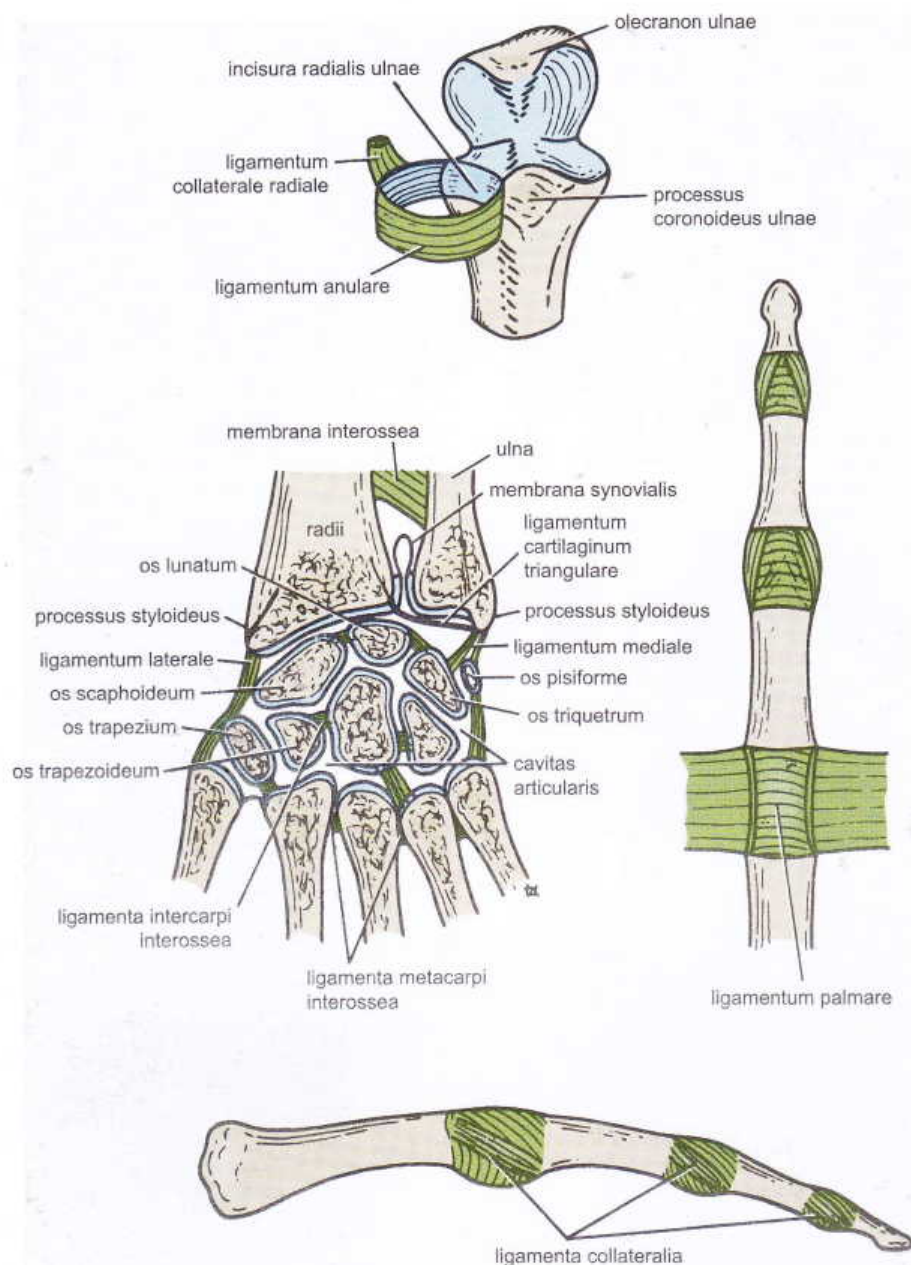
Pergerakan

Pergerakan pronasi dan supinasi lengan bawah meliputi rotasi di sekitar sumbu vertikal pada articulatio radioulnaris proximalis dan articulatio radioulnaris distalis. Sumbu gerak berjalan dari caput radii di sebelah atas sampai ke perlekatan apex disci articularis triangularis di bawah.

Pada gerakan pronasi, caput radii berputar di dalam ligamentum anulare, sementara itu ujung distal radius beserta tangan bergerak ke depan, incisura ulnaris radii bergerak di sekitar circumferentia caput ulnae (Gambar 12-23). Selain dari itu, ujung distal ulna bergerak ke lateral, sehingga tangan tetap berada dalam satu garis dengan extremitas superior dan tidak bergeser ke medial. Pergerakan ulna ini penting pada waktu menggunakan alat seperti obeng, karena mencegah bergesernya tangan ke kanan atau kiri selama pergerakan bolak balik supinasi dan pronasi.

Gerakan pronasi menghasilkan gerakan tangan yang berputar ke medial, dengan perkataan lain telapak tangan menghadap ke posterior dan ibu jari terletak pada sisi medial. Gerakan supinasi adalah gerakan sebaliknya, sehingga tangan kembali ke posisi anatomi dan telapak tangan menghadap ke anterior.

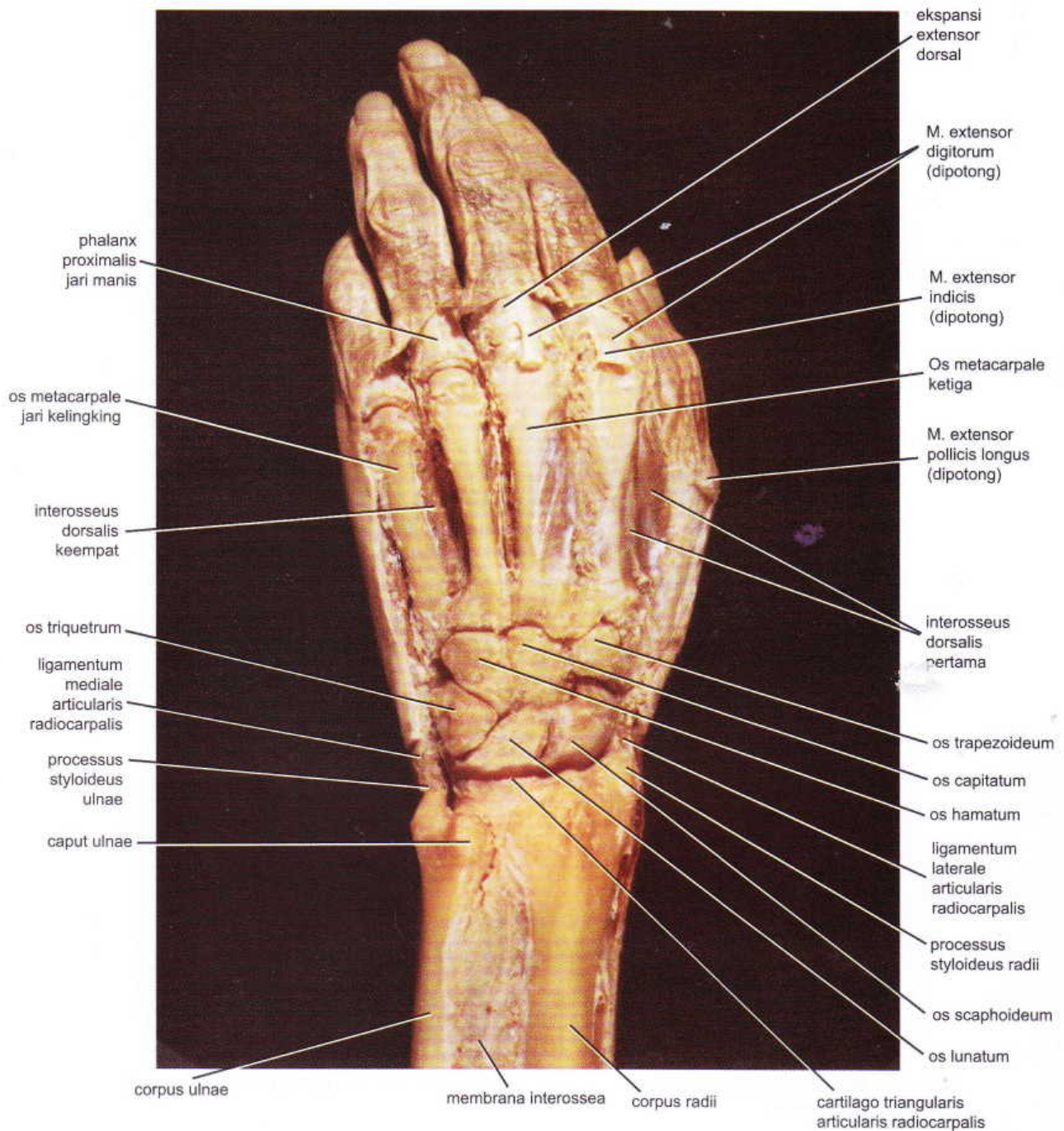
Pronasi dilakukan oleh musculus pronator teres dan musculus pronator quadratus.

Supinasi dilakukan oleh musculus biceps brachii dan musculus supinator. Supinasi merupakan gerakan yang lebih kuat daripada pronasi karena kekuatan musculus biceps brachii. Oleh karena supinasi merupakan gerakan yang lebih kuat, maka alur sekrup dan pembuka sumbat botol dibuat sedemikian rupa sehingga orang yang bekerja dengan tangan kanan akan memutarnya ke dalam yaitu dalam gerakan supinasi.

Gambar 12-21 Ligamentum articulatio radioulnaris proximalis dan distalis, articulatio radiocarpalis, articulationes carpi, dan articulationes interphalangis.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Tendinis musculi flexoris digitale profunda.
- **Ke posterior:** Tendo musculi extensor digiti minimi.

Articulatio Radiocarpalis (Sendi Pergelangan Tangan)

- **Articulatio:** Di antara ujung distal radius dan discus articularis di sebelah atas dengan os scaphoideum, os lunatum, dan os triquetrum di bagian bawah (Gambar 12-21 dan 12-22). Permukaan sendi proksimal membentuk permukaan konkaf berbentuk elips, yang merupakan adaptasi dari permukaan konveks di distal.
- **Tipe:** Sendi elipsoidea sinovial.
- **Capsula:** Capsula membungkus sendi, di atas melekat pada ujung distal radius dan ulna dan di bawah melekat pada deretan proximal ossa carpalia.
- **Ligamenta: Ligamentum anterius** dan **posterius** memperkuat capsula articulare. **Ligamentum mediale** melekat pada

Gambar 12-22 Diseksi permukaan dorsalis tangan kiri dan ujung distal lengan bawah. Perhatikan ossa carpi dan articulatio intercarpea. Perhatikan juga articulatio radiocarpalis.

processus styloideus ulnae dan os triquetrum (Gambar 12-21). **Ligamentum laterale** melekat pada processus styloideus radii dan os scaphoideum (Gambar 12-21).

- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan melekat pada pinggir-pinggir facies articularis. Cavitas articularis tidak berhubungan dengan articulatio radioulnaris distalis atau dengan cavitas articularis pada articulatio intercarpalia.
- **Persarafan:** Nervus interosseus anterior dan ramus profundus nervi radialis.

Pergerakan dan Otot-Otot yang Menggerakkannya

Gerakan yang mungkin dilakukan adalah fleksi, ekstensi, abduksi, aduksi, dan sirkumduksi. Rotasi **tidak** mungkin dilakukan karena facies articularis berbentuk elips. Kekurangan karena tidak dapat melakukan rotasi dikompensasi oleh gerakan pronasi dan supinasi lengan bawah.

Fleksi dilakukan oleh musculus flexor carpi radialis, musculus flexor carpi ulnaris, dan musculus palmaris longus. Otot-otot tersebut dibantu oleh musculus flexor digitorum superficialis, musculus flexor digitorum profundus, dan musculus flexor pollicis longus.

Ekstensi dilakukan oleh musculus extensor carpi radialis longus, musculus extensor carpi radialis brevis, dan musculus extensor carpi ulnaris. Otot-otot ini dibantu oleh musculus extensor digitorum, musculus extensor indicis, musculus extensor digiti minimi, dan musculus extensor pollicis longus.

Abduksi dilakukan oleh musculus flexor carpi radialis, musculus extensor carpi radialis longus, dan musculus extensor carpi radialis brevis. Otot-otot ini dibantu oleh musculus abductor pollicis longus, musculus extensor pollicis longus, dan musculus extensor pollicis brevis.

Aduksi dilakukan oleh musculus flexor dan extensor carpi ulnaris.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Tendo-tendo musculus flexor digitorum profundus dan superficialis, musculus flexor pollicis longus, musculus flexor carpi radialis, musculus flexor carpi ulnaris, dan nervus medianus dan nervus ulnaris.
- **Ke posterior:** Tendo-tendo musculus extensor carpi ulnaris, musculus extensor digiti minimi, musculus extensor digitorum, musculus extensor indicis, musculus extensor carpi radialis longus dan brevis, musculus extensor pollicis longus dan brevis, dan musculus abductor pollicis longus.
- **Ke medial:** Ramus cutaneus posterior nervi ulnaris.
- **Ke lateral:** Arteria radialis.

Sendi-Sendi pada Tangan dan Jari-Jari

Articulationes Intercarpales

- **Articulatio:** Di antara masing-masing tulang pada deretan proximal ossa carpi; di antara masing-masing tulang pada deretan distal ossa carpi; dan akhirnya **articulatio mediocarpalis** di antara ossa carpi deretan proximal dan deretan distal (Gambar 12-21 ddan 12-22).
- **Tipe:** Sendi plana sinovial.
- **Capsula:** Capsula mengelilingi masing-masing sendi.
- **Ligamenta:** Tulang-tulang dihubungkan dengan **ligamentum anterius, posterius,** dan **interosseus** yang kuat.
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan melekat pada pinggir-pinggir facies articularis. Rongga sendi (cavitas articularis) articulatio mediocarpalis meluas tidak hanya di antara kedua deretan ossa carpi tetapi juga ke atas di antara ossa carpi yang menyusun deretan proximal dan ke bawah di antara ossa carpi yang menyusun deretan distal.
- **Persarafan:** Nervus interosseus anterior, ramus profundus nervi radialis, dan ramus profundus nervi ulnaris.

Pergerakan

Sedikit gerakan meluncur atau bergeser dapat dilakukan.

Articulationes Carpometacarpales dan Intermetacarpales

Articulationes carpometacarpales dan intermetacarpales merupakan sendi datar sinovial yang mempunyai ligamentum anterius, posterius, dan interosseus. Mereka mempunyai rongga sendi bersama. Dapat dilakukan sedikit gerakan meluncur atau bergeser (Gambar 12-21).

Articulatio Carpometacarpalis Pollicis

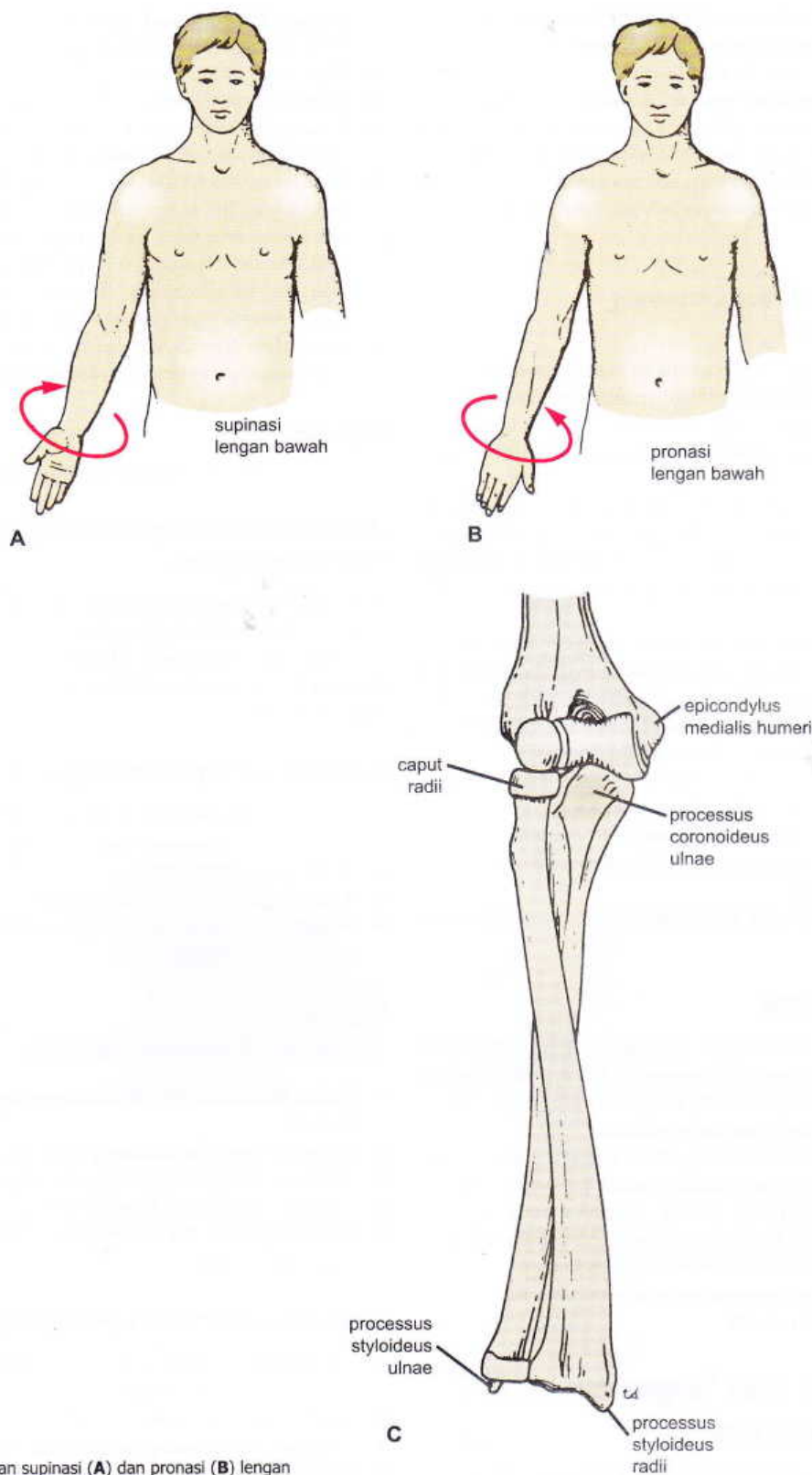
- **Articulatio:** Di antara os trapezium dan basis ossis metacarpi I yang berbentuk pelana (Gambar 12-21).
- **Tipe:** Sendi sellaris sinovial.
- **Capsula:** Capsula mengelilingi sendi.
- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan membentuk rongga sendi yang terpisah.

Pergerakan

Gerakan berikut yang mungkin dilakukan:

- **Fleksi:** Musculus flexor pollicis brevis dan musculus opponens pollicis.
- **Ekstensi:** Musculus extensor pollicis longus dan brevis.
- **Abduksi:** Musculus abductor pollicis longus dan brevis.
- **Aduksi:** Musculus adductor pollicis.
- **Rotasi (oposisi):** Ibu jari berputar ke medial oleh musculus opponens pollicis.

Articulationes Metacarpophalangeae

- **Articulatio:** Di antara caput ossa metacarpi dan basis phalanges proximales (Gambar 12-21).
- **Tipe:** Sendi condyloidea sinovial.
- **Capsula:** Capsula mengelilingi sendi.
- **Ligamenta: Ligamenta palmaria** merupakan ligamentum yang kuat dan mengandung beberapa fibrocartilago. Ligamentum ini melekat dengan erat pada phalanx, tetapi hanya sedikit

Gambar 12-23 Gerakan supinasi (**A**) dan pronasi (**B**) lengan bawah yang terjadi pada articulatio radioulnaris proximalis dan distalis. **C.** Posisi relatif radius dan ulna pada lengan bawah dalam keadaan pronasi maksimal.

pada os metacarpale (Gambar 12-21). Ligamentum palmare sendi kedua, ketiga, keempat dan kelima dihubungkan oleh **ligamenta metacarpalia transversi profundi**, yang mengfiksasi caput ossa metacarpi secara bersama-sama. **Ligamenta collateralia** berbentuk seperti pita yang terdapat pada masing-masing sisi sendi (Gambar 12-21). Masing-masing ligamentum berjalan ke bawah dan depan dari caput os metacarpale menuju ke basis phalangis. Ligamenta collateralia tegang pada waktu sendi fleksi dan kendur pada waktu ekstensi.

- **Membrana synovialis:** Melapisi capsula dan melekat pada pinggir-pinggir facies articularis.

Pergerakan

Gerakan yang mungkin dilakukan adalah:

- **Fleksi:** Musculi lumbricales dan musculi interossei, dibantu oleh musculus flexor digitorum superficialis dan profundus.
- **Ekstensi:** musculus extensor digitorum, musculus extensor indicis, dan musculus extensor digiti minimi.
- **Abduksi:** Gerakan menjauhi garis tengah jari ketiga, dilakukan oleh musculi interossei dorsales.
- **Aduksi:** Gerakan mendekati garis tengah jari ketiga dilakukan oleh musculi interossei palmares. Pada articulatio metacarpophalangea ibu jari, **fleksi** dilakukan oleh musculus flexor pollicis longus dan brevis dan **ekstensi** dilakukan oleh musculus extensor pollicis longus dan brevis. Gerakan abduksi dan aduksi dilakukan pada articulatio carpometacarpalis.

Articulationes Interphalangeae

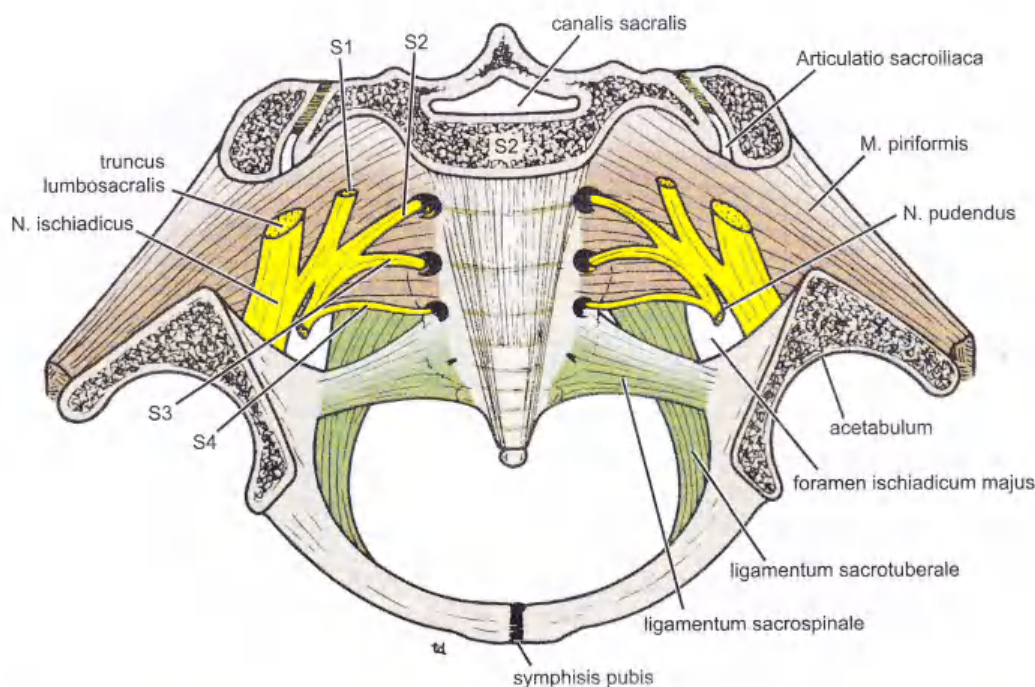
Articulationes interphalangeae adalah sendi engsel sinovial yang mempunyai struktur yang sama dengan articulationes metacarpophalangeae (Gambar 12-21).

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI EXTREMITAS SUPERIOR

Gambaran radiografi sendi-sendi di extremitas superior dapat dilihat pada Gambar 11-42 sampai 11-49.

Sendi-Sendi Pelvis

Articulatio Sacroiliaca

Articulatio sacroiliaca merupakan sendi sinovial yang kuat dan dibentuk oleh facies auricularis os sacrum dan os ilium (Gambar 12-24). Sacrum menahan beban berat badan, dan selain permukaan sendi yang iregular dan saling mengunci, bentuk tulang-tulang yang menyusun sendi ini juga mempunyai peran kecil dalam mempertahankan kestabilan pada sendi ini. **Ligamentum sacroiliacum posterius** dan **interosseum** yang kuat

Gambar 12-24 Potongan horizontal melalui pelvis, memperlihatkan articulatio sacroiliaca dan symphisis pubis.

menggantungkan sacrum di antara kedua os ilium. **Ligamentum sacroiliacum anterius** tipis dan terletak pada permukaan anterior sendi.

Berat badan cenderung mendorong ujung atas sacrum ke bawah dan memutar ujung bawah sacrum ke atas. Gerakan memutar ini dicegah oleh **ligamentum sacrotuberale** dan **sacrospinale** yang kuat seperti telah dijelaskan sebelumnya (Gambar 12-24). **Ligamentum iliolumbale** menghubungkan ujung processus transversus vertebrae lumbalis V dengan crista iliaca. Articulatio sacroiliaca hanya dapat melakukan sedikit gerakan dan gerakan tersebut sangat terbatas. Pada orang lanjut usia, rongga sinovialis menghilang, dan sendi ini menjadi jaringan fibrosa. Fungsi utamanya adalah menyalurkan berat badan dari columna vertebralis ke tulang pelvis.

Persarafan

Articulatio sacroiliaca dipersarafi oleh cabang-cabang nervi spinales sacrales.

Symphysis Pubis

Symphisis pubis merupakan sendi kartilaginosa di antara kedua os pubis (Gambar 12-24). Permukaan sendinya ditutupi oleh lapisan tulang rawan hialin dan saling dihubungkan oleh discus fibrocartilagineus. Symphisis pubis dikelilingi oleh ligamenta yang terbentang dari satu os pubis ke os pubis lainnya. Pada sendi ini hampir tidak mungkin dilakukan gerakan.

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI PELVIS

Gambaran radiografi sendi-sendi di pelvis dapat dilihat pada Gambar 11-63 sampai 11-66.

Sendi-Sendi Extremitas Inferior

Articulatio Coxae

Articulatio

Articulatio coxae adalah persendian di antara caput femoris yang berbentuk setengah lingkaran dengan acetabulum os coxae yang berbentuk mangkuk (Gambar 12-25). Facies articularis acetabuli berbentuk tapal kuda dan di bagian bawah membentuk takik disebut **incisura acetabuli**. Rongga acetabulum di perdalam dengan adanya fibrocartilago di bagian pinggir yang disebut sebagai **labrum acetabuli**. Labrum ini menghubungkan incisura acetabuli dan di sini dikenal sebagai **ligamentum transversum acetabuli** (Gambar 12-25).

Permukaan sendi diliputi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Articulatio coxae merupakan sendi sinovial *"ball and socket"*.

Capsula

Capsula membungkus sendi dan melekat di medial pada labrum acetabuli (Gambar 12-25). Di lateral, ke depan melekat pada linea intertrochanterica femoris dan ke belakang pada setengah permukaan posterior collum femoris. Pada perlekatannya di depan, yaitu pada linea intertrochanterica, beberapa serabutnya yang diikuti oleh pembuluh darah melipat ke atas, sepanjang collum femoris sebagai sebuah pita, yang **retinacula**. Pembuluh darah ini mendarahi caput dan collum femoris.

Ligamenta

Ligamentum iliofemorale adalah sebuah ligamentum yang kuat dan berbentuk seperti huruf Y terbalik (Gambar 12-26). Dasarnya, di sebelah atas melekat pada spina iliaca anterior inferior; di bawah kedua lengan Y melekat pada bagian atas dan bawah linea intertrochanterica femoris. Ligamentum yang kuat ini mencegah ekstensi berlebihan selama berdiri.

Ligamentum pubofemorale berbentuk segitiga (Gambar 12-26). Dasar ligamentum melekat pada ramus superior ossis pubis, dan apex melekat di bawah pada bagian bawah linea intertrochanterica. Ligamentum ini membatasi gerakan ekstensi dan abduksi.

Ligamentum ischiofemorale berbentuk spiral dan melekat pada corpus ossis ischii dekat margo acetabuli (Gambar 12-26). Serabut-serabut berjalan ke atas dan lateral dan melekat pada trochanter major. Ligamentum ini membatasi ekstensi.

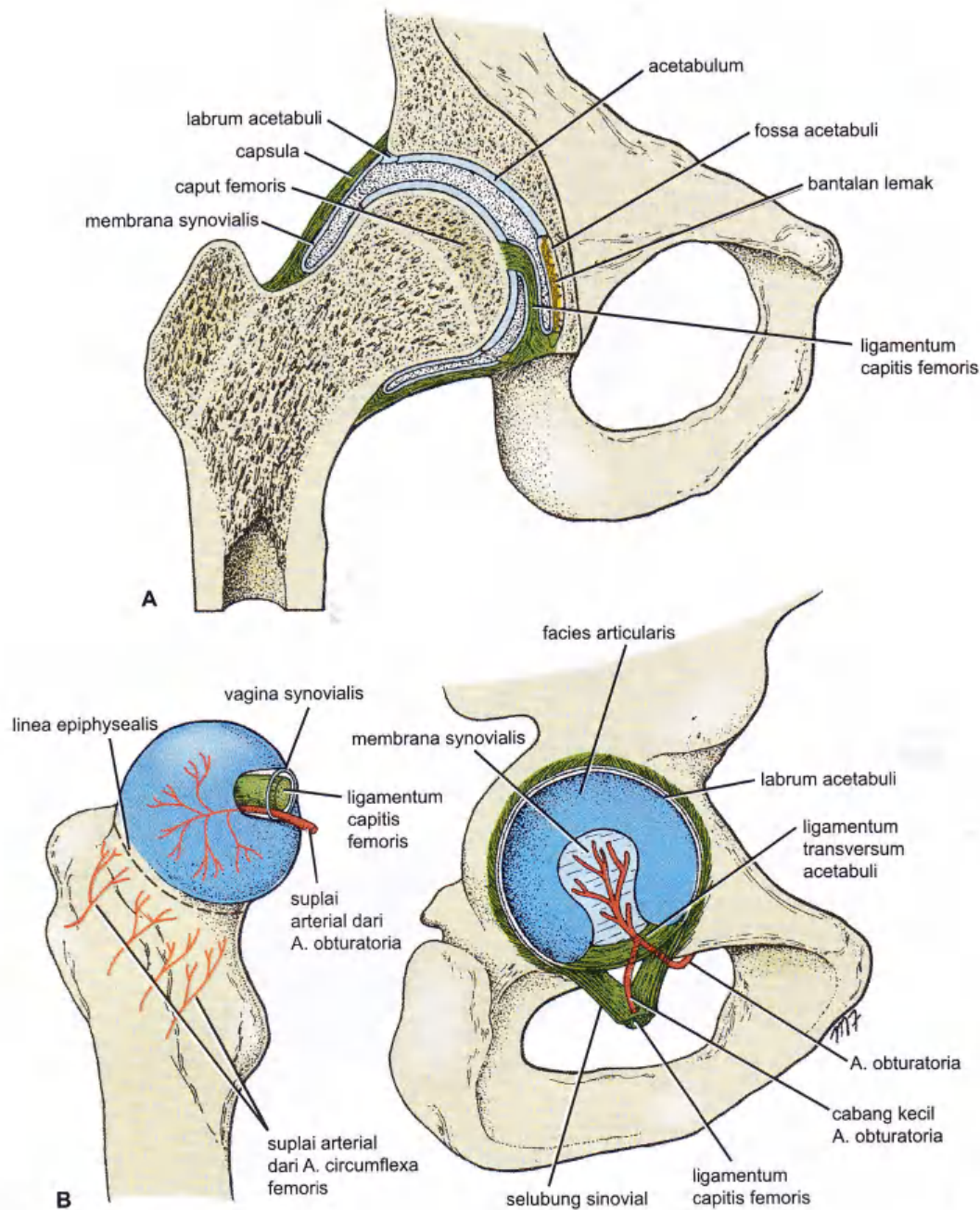
Ligmentum transversum acetabuli dibentuk oleh labrum acetabuli sewaktu menghubungkan incisura acetabuli (Gambar 12-25). Ligamentum ini mengubah incisura menjadi terowongan yang dilalui oleh pembuluh darah dan saraf yang memasuki sendi.

Ligamentum capitis femoris berbentuk pipih dan segitiga (Gambar 12-25). Ligamentum ini melekat melalui puncaknya pada lubang yang ada di caput femoris (fovea capitis) dan melalui dasarnya pada ligamentum transversum dan pinggir incisura acetabuli. Ligamentum ini terletak di dalam sendi dan dibungkus oleh membrana synovialis (Gambar 12-25).

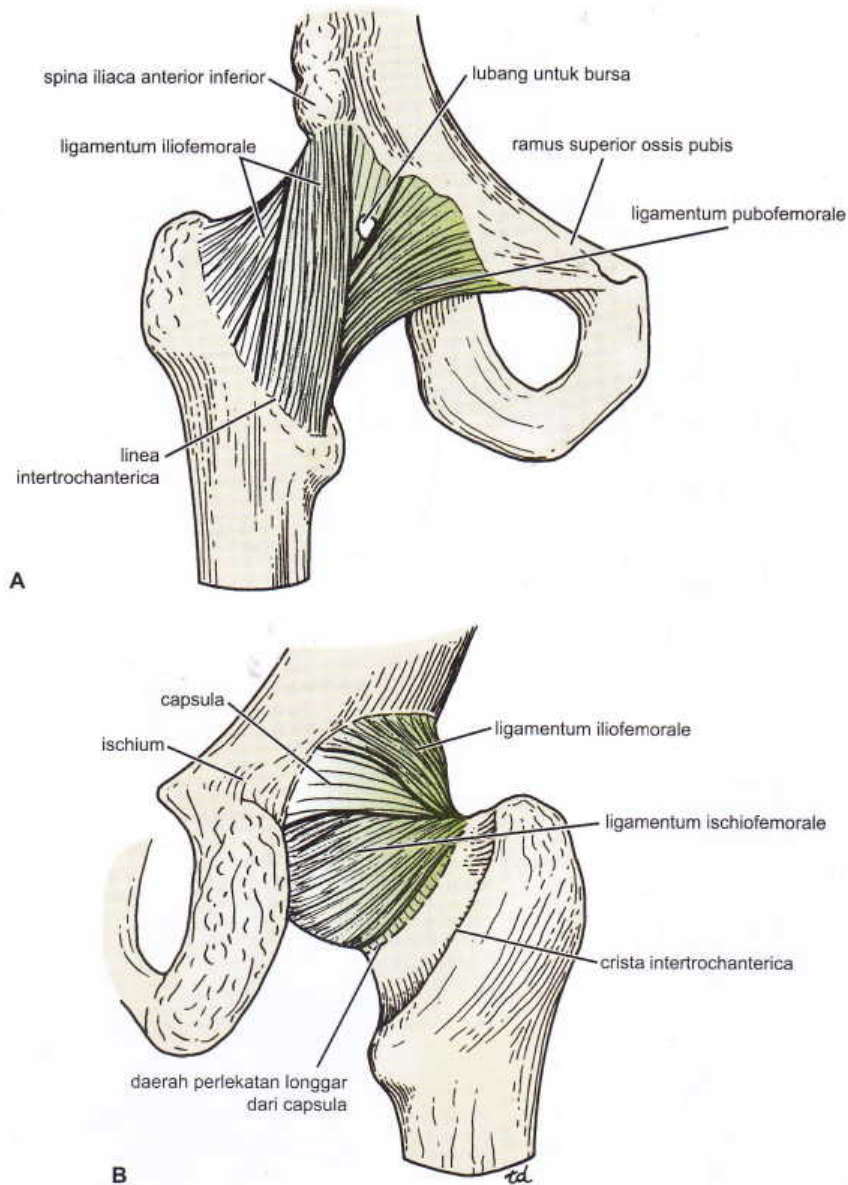
Membrana Synovialis

Selaput ini melapisi capsula dan melekat pada pinggir facies articularis (Gambar 12-25). Selaput ini meliputi bagian collum femoris yang terletak di dalam simpai sendi dan membungkus ligamentum capitis femoris serta meliputi bantalan lemak yang terdapat di dalam fossa acetabuli. Kantong membrana synovialis sering menonjol keluar melalui celah yang ada pada dinding anterior capsula, di antara ligamentum pubofemorale dan ligamentum iliofemorale, dan membentuk **bursa psoas** di bawah tendo musculus psoas (Gambar 12-26 dan 12-27).

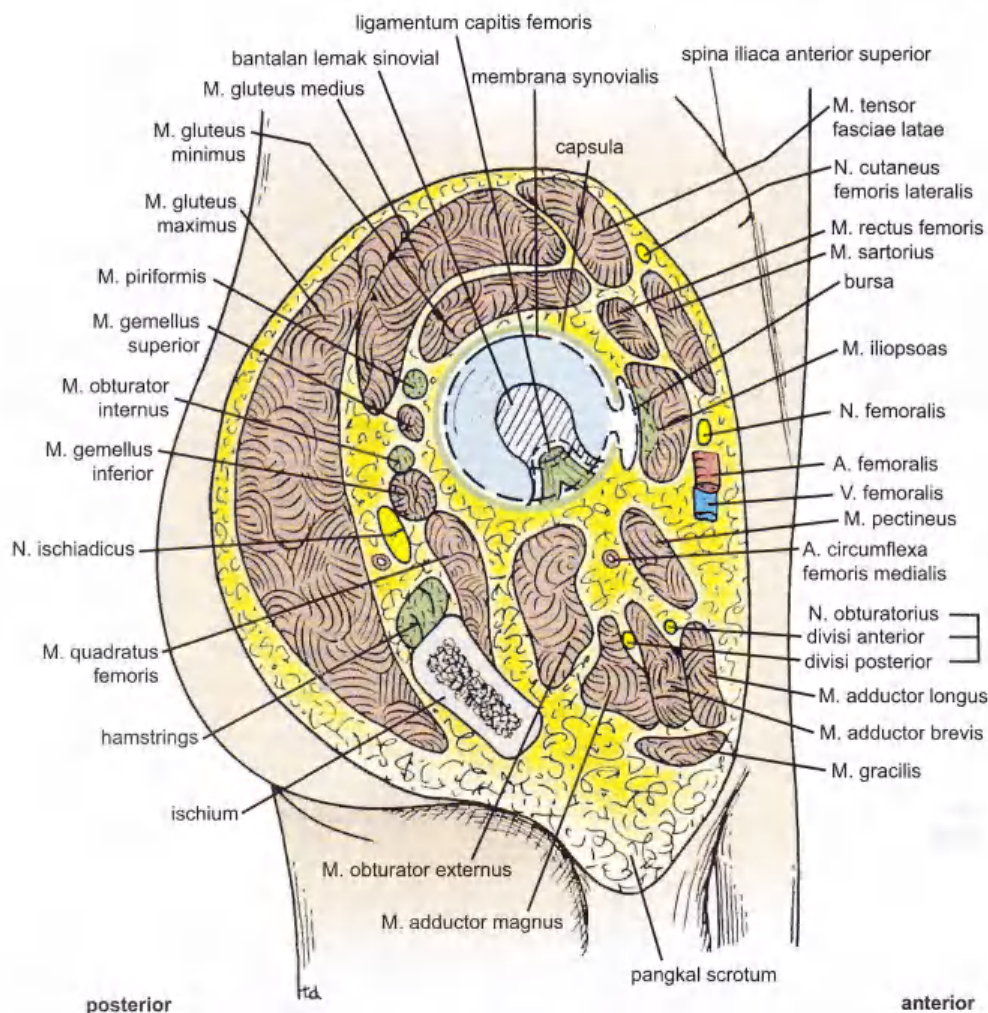
Persarafan

Articulatio coxae mendapatkan persarafan dari nervus femoralis, nervus obturatorius, nervus ischiadicus, dan nervus yang menyarafi musculus quadratus femoris.

Gambar 12-25 Potongan coronal articulatio coxae dextra (**A**) dan permukaan sendi articulatio coxae dextra serta pendarahan caput femoris (**B**).

Gerakan dan Otot-Otot yang Menggerakkannya

Articulatio coxae mempunyai kisaran gerakan yang luas, tetapi lebih terbatas daripada articulatio humeri. Beberapa gerakan terpaksa dikorbankan, demi kekuatan dan kestabilan. Kekuatan sendi sebagian besar tergantung pada bentuk tulang yang ikut dalam persendian dan kekuatan ligamentum. Bila lutut difleksikan, fleksi dibatasi oleh permukaan anterior tungkai atas yang bertemu dengan dinding anterior abdomen. Bila lutut diluruskan (ekstensi), fleksi dibatasi oleh ketegangan otot-otot hamstrings. Ekstensi, yaitu gerakan tungkai atas yang difleksikan ke belakang kembali ke posisi anatomi dibatasi oleh

Gambar 12-26 Aspek anterior (**A**) dan aspek posterior (**B**) articulatio coxae dextra.

tegangnya ligamentum iliofemorale, ligamentum pubofemorale, dan ligamentum ischiofemorale. Gerakan abduksi dibatasi oleh tegangnya ligamentum pubofemorale, dan aduksi dibatasi oleh kontak dengan tungkai sisi yang lain dan oleh tegangnya ligamentum capitis femoris. Rotasi lateral dibatasi oleh tegangnya ligamentum iliofemorale dan ligamentum pubofemorale, dan rotasi medial dibatasi oleh ligamentum ischiofemorale. Gerakan-gerakan yang dapat dilakukan:

- **Fleksi** dilakukan oleh musculus iliopsoas, musculus rectus femoris, dan musculus sartorius, dan juga oleh musculus adductor magnus.
- **Ekstensi** (gerakan ke belakang oleh tungkai atas yang sedang fleksi) dilakukan oleh musculus gluteus maximus dan otot-otot hamstrings.
- **Abduksi** dilakukan oleh musculus gluteus medius dan minimus, dan dibantu oleh musculus sartorius, musculus tensor fasciae latae, dan musculus piriformis.
- **Aduksi** dilakukan oleh musculus adductor longus dan brevis dan serabut-serabut adductor musculus adductor magnus. Otot-otot ini dibantu oleh musculus pectineus dan musculus gracilis.
- **Rotasi lateral** dilakukan oleh musculus piriformis, musculus obturator internus dan externus, musculus gemellus superior

Gambar 12-27 Struktur-struktur di sekitar articulatio coxae dextra.

dan inferior, dan musculus quadratus femoris, dibantu oleh musculus gluteus maximus.

- **Rotasi medial** dilakukan oleh serabut-serabut anterior musculus gluteus medius dan musculus gluteus minimus dan musculus tensor fasciae latae.
- **Sirkumduksi** merupakan kombinasi dari gerakan-gerakan di atas.

Kelompok otot-otot extensor lebih kuat daripada kelompok otot-otot flexor, dan rotator lateral lebih kuat daripada rotator medial.

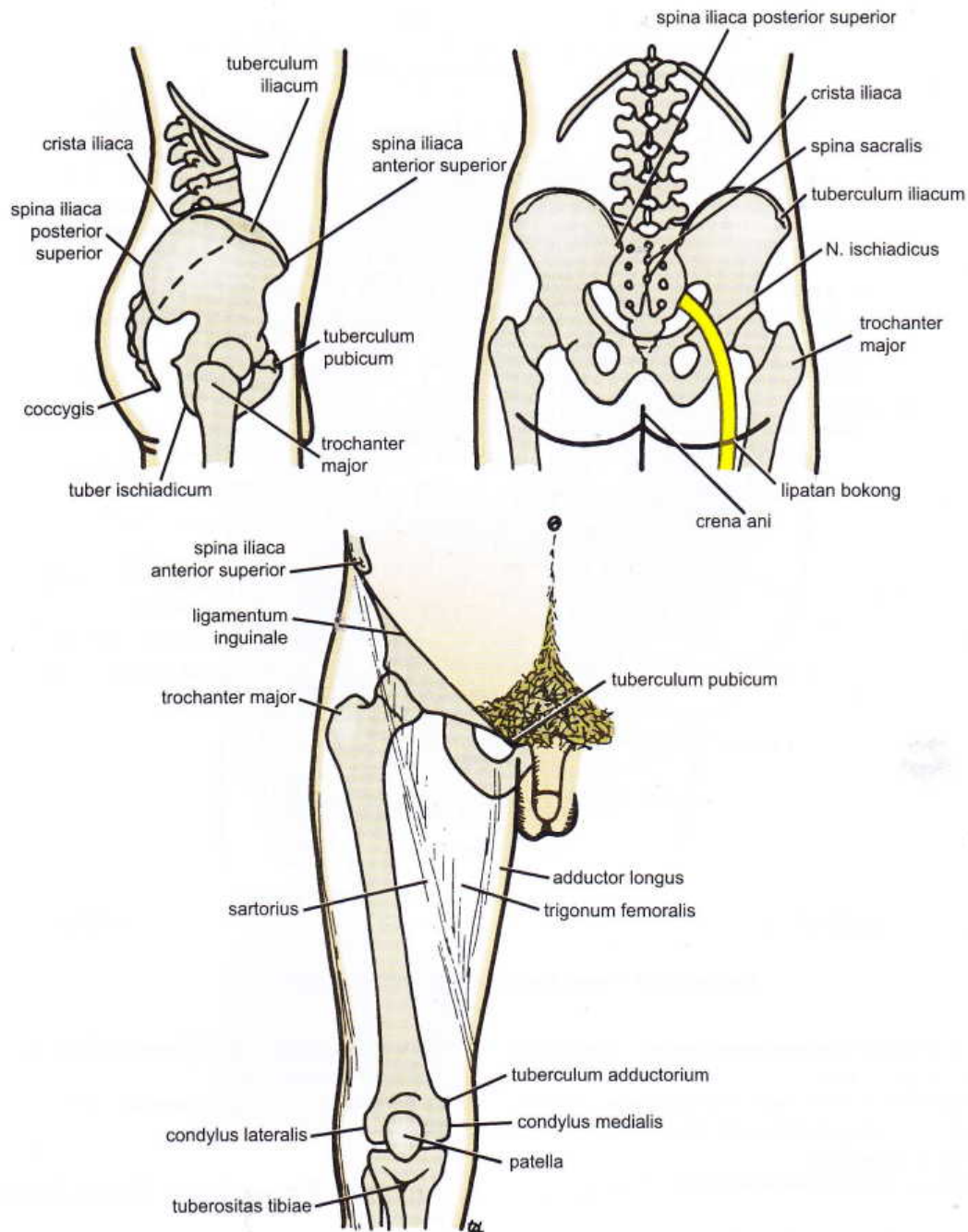
Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** musculus iliopsoas, musculus pectineus, dan musculus rectus femoris. Musculus iliopsoas dan musculus pectineus memisahkan arteri, vena .dan nervus femoralis dari sendi (Gambar 12-27).
- **Ke posterior:** musculus obturator internus, musculi gemelli, dan musculus quadratus femoris memisahkan sendi dari nervus ischiadicus (Gambar 12-27).
- **Ke superior:** musculus piriformis dan musculus gluteus minimus (Gambar 12-27).
- **Ke inferior:** Tendo musculus obturator externus (Gambar 12-27).

Anatomi Permukaan Regio Articulatio Coxae

Anatomi permukaan regio articulatio coxae dapat dilihat pada Gambar 12-28 dan 12-29.

Articulatio Genus

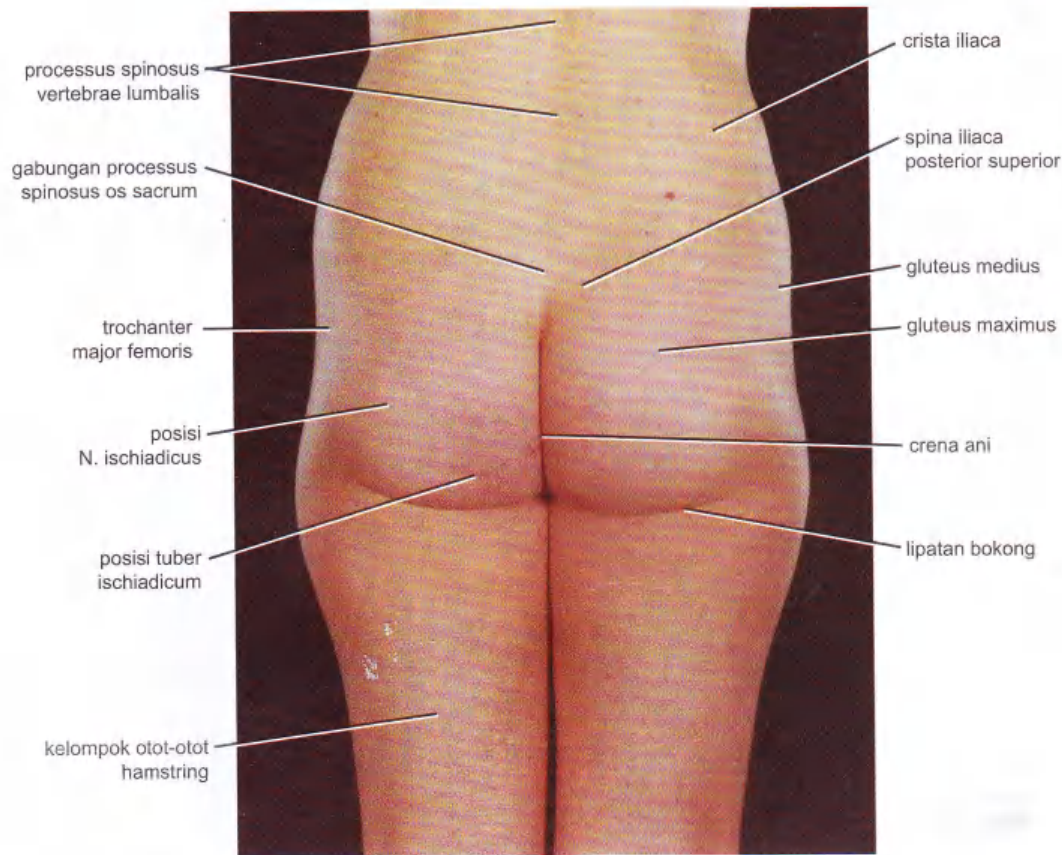
Articulatio genus (sendi lutut) adalah sendi yang terbesar dan paling rumit di seluruh tubuh. Pada dasarnya, sendi ini terdiri atas dua buah sendi condylaris antara condylus femoris medialis dan condylus femoris lateralis dengan condyli tibiae yang sesuai serta sebuah articulatio pelana antara patella dan facies patellaris femoris. Perhatikan bahwa fibula tidak terlibat langsung pada persendian ini.

Gambar 12-28 Tanda-tanda permukaan pada regio glutea dan bagian depan tungkai atas.

Articulatio

Di atas terdapat condylus femoris yang bulat; di bawah terdapat condylus tibiae dan meniscus kartilaginosa (Gambar 12-30); di depan terdapat articulatio di antara ujung bawah femur dan patella.

Facies articularis femoris, tibia, dan patella diliputi oleh tulang rawan hialin. Perhatikan bahwa facies articularis condylus medialis dan lateralis tibia di klinik sering disebut sebagai **plateau tibialis** medialis dan lateralis.

Tipe

Sendi antara femur dan tibia adalah sebuah sendi sinovial tipe ginglymus (sendi engsel), tetapi mempunyai sedikit kemungkinan gerak rotasi. Sendi di antara patella dan femur adalah sendi sinovial jenis pelana dengan variasi *gliding*.

Gambar 12-29 Regio glutea dan aspek posterior tungkai atas seorang perempuan berusia 25 tahun.

Capsula

Capsula melekat pada pinggir facies articularis dan di sekeliling sisi dan aspek posterior sendi. Capsula tidak terdapat pada permukaan depan sendi, sehingga memungkinkan membrana synovialis membentuk kantung ke atas di bawah tendo musculus quadriceps, membentuk **bursa suprapatellaris** (Gambar 12-30). Pada masing-masing sisi patella, capsula diperkuat oleh pelebaran tendo musculus vastus medialis dan lateralis. Di belakang sendi, capsula diperkuat oleh peluasan dari tendo musculus semimembranosus disebut **ligamentum popliteum obliquum** (Gambar 12-30). Terdapatnya lubang pada capsula dibelakang condylus lateralis tibiale dipergunakan untuk tempat keluarnya tendo musculus popliteus (Gambar 12-30).

Ligamenta

Ligamenta dapat dibagi dalam ligamentum yang terletak di luar capsula dan di dalam capsula.

Ligamenta Extracapsularia

Ligamentum patellae di atas melekat pada pinggir bawah patella dan di bawah pada tuberositas tibiae (Gambar 12-30). Sebenarnya ligamentum ini merupakan lanjutan dari bagian utama tendo bersama musculus quadriceps femoris.

Ligamentum collaterale laterale berbentuk seperti tali dan melekat di atas pada condylus lateralis femoris dan di bawah pada caput fibulae (Gambar 12-30). Tendo musculus popliteus berjalan di antara ligamentum dan meniscus lateralis (Gambar 12-31).

Ligamentum collaterale mediale berbentuk pita pipih dan di atas melekat pada condylus medialis femoris dan di bawah pada facies medialis corpus tibiae (Gambar 12-30). **Ligamentum ini melekat dengan erat pada meniscus medialis** (Gambar 12-31).

Ligamentum popliteum obliquum adalah peluasan tendo yang berasal dari musculus semimembranosus. Ligamentum ini memperkuat aspek posterior dari capsula (Gambar 12-30).

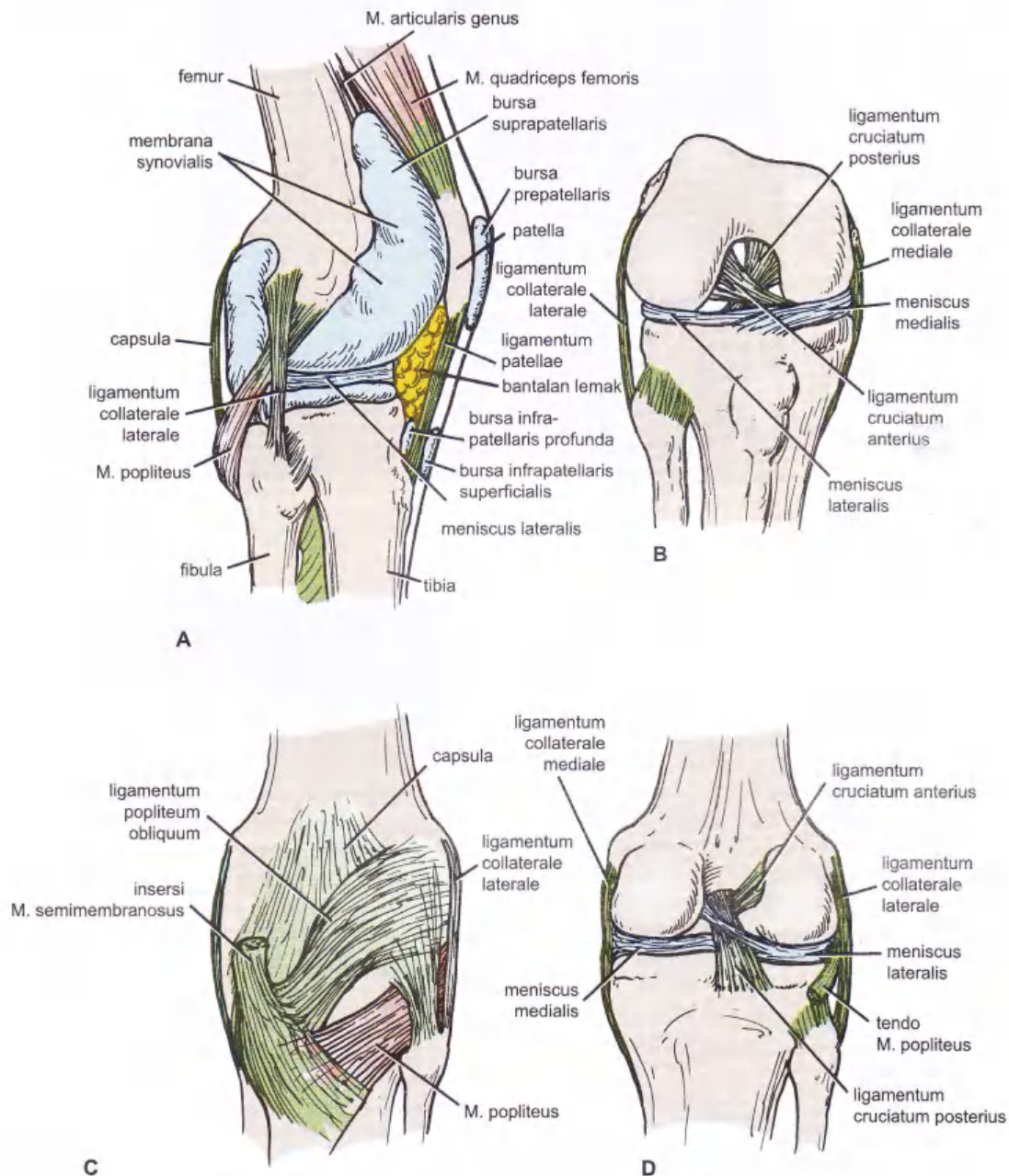
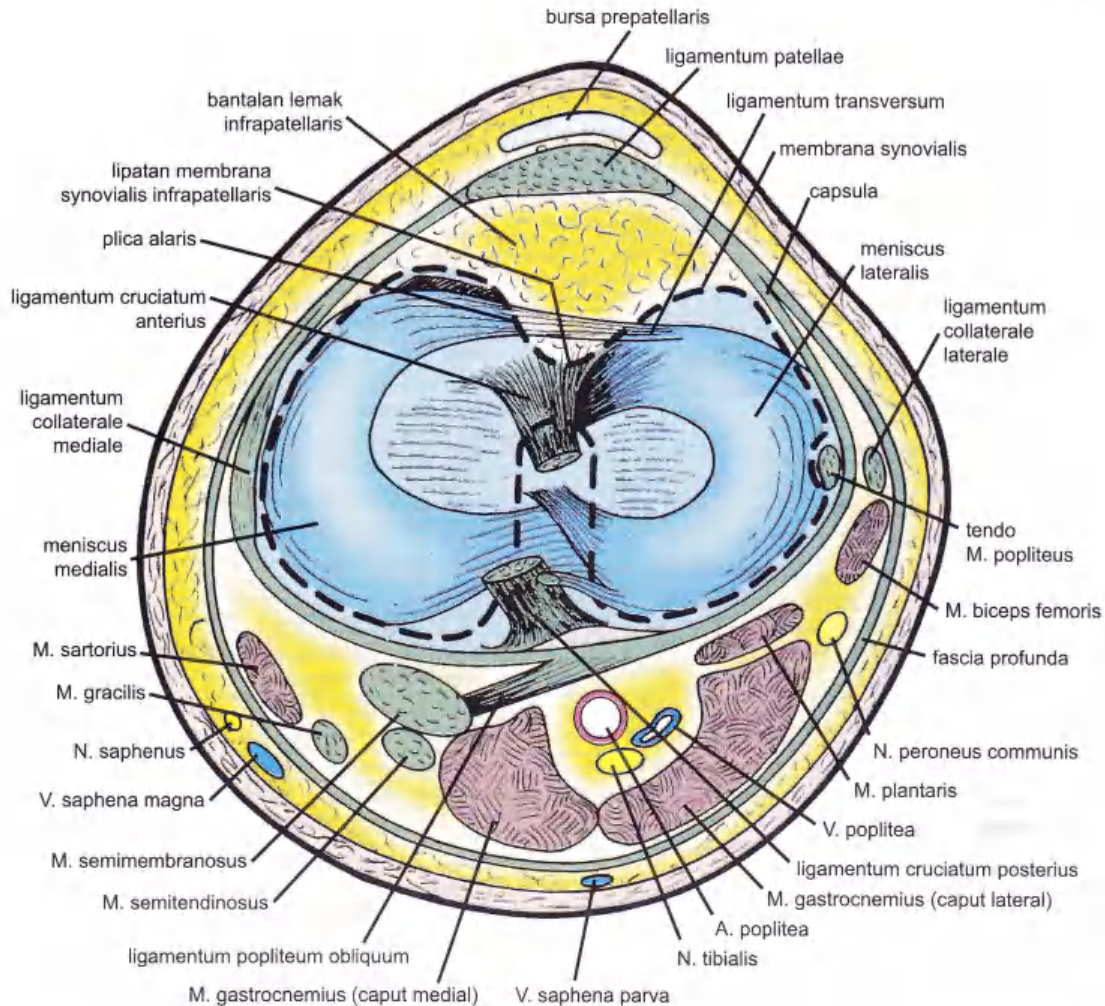
Ligamenta Intracapsularia

Ligamenta cruciatum adalah dua ligamentum intracapsular yang kuat, yang saling bersilangan satu dengan yang lain di dalam rongga sendi (Gambar 12-30). Ligamenta ini disebut ligamentum cruciatum anterius dan posterius sesuai dengan tempat perlekatannya pada tibia (Gambar 12-31). Ligamenta penting ini merupakan pengikat utama antara femur dan tibia dalam seluruh kisaran gerakan sendinya.

Ligamentum cruciatum anterius. Ligamentum ini melekat pada area intercondylaris anterior tibiae dan berjalan ke atas, belakang, dan lateral, untuk melekat pada bagian posterior

facies medialis condylus lateralis femoris (Gambar 12-30 dan 12-31). Ligamentum cruciatum anterius mencegah pergeseran femur ke posterior terhadap tibia. Dengan sendi lutut dalam keadaan fleksi, ligamentum cruciatum anterius mencegah tibia tertarik ke anterior.

Ligamentum cruciatum posterius. Ligamentum ini melekat pada area intercondylaris posterior tibiae dan berjalan ke atas, depan, dan medial untuk melekat pada bagian anterior facies lateralis condylus medialis femoris (Gambar 12-30 dan 12-31). Ligamentum cruciatum posterius mencegah pergeseran femur ke anterior terhadap tibia. Dengan sendi lutut dalam keadaan fleksi, ligamentum cruciatum posterius mencegah tibia tertarik ke posterior.

Menisci. Menisci merupakan fibrocartilago yang berbentuk seperti huruf C. Pinggir luarnya tebal dan melekat pada capsula, dan pinggir dalamnya tipis dan cekung, dan membentuk pinggir yang bebas (Gambar 12-30 dan 12-31). Permukaan atasnya berhubungan langsung dengan condylus

Gambar 12-30 A. Articulatio genus dextra dilihat dari aspek lateral. **B**. Aspek anterior, dengan sendi dalam keadaan fleksi. **C** dan **D**. Aspek posterior.

Gambar 12-31 Batas-batas articulatio genus dextra.

femoris. Permukaan bawahnya berhubungan langsung dengan condylus tibiae. Fungsinya adalah memperdalam facies articularis condylus tibiae untuk menerima condylus femoris yang cembung; selain itu juga berfungsi sebagai bantalan di antara kedua tulang tesebut. Masing-masing meniscus melekat pada permukaan atas tibia melalui cornu anterior dan posteriornya. Karena meniscus medialis melekat juga pada ligamentum collaterale mediale maka meniscus ini relatif tidak mudah bergerak.

Membrana Synovialis

Membrana synovialis melapisi capsula dan melekat pada pinggir-pinggir facies articularis (Gambar 12-30 dan 12-31). Di depan dan atas sendi, membrana ini membentuk kantung yang meluas ke atas sampai kira-kira tiga jari di atas patella di bawah musculus quadriceps femoris, membentuk **bursa suprapatellaris**. Bursa ini dipertahankan pada posisinya oleh perlekatan sebagian kecil musculus vastus intermedius yang disebut musculus **articularis genus** (Gambar 12-30).

Di belakang sendi, membrana synovialis meluas ke bawah pada permukaan dalam tendo musculus popliteus membentuk **bursa popliteus**. Sebuah bursa yang terletak di antara caput medial musculus gastrocnemius dan condylus femoris medialis dan tendo musculus semimembranosus disebut **bursa semimembranosus**, dan sering berhubungan dengan rongga sinovial sendi.

Membrana synovialis melipat ke depan dari bagian posterior capsula di sekitar bagian depan ligamentum cruciatum (Gambar 12-31). Akibatnya ligamentum cruciatum terletak di belakang rongga sinovial dan tidak dibasahi oleh cairan sinovial.

Pada bagian anterior sendi, membrana synovialis melipat ke belakang dari permukaan posterior ligamentum patellae untuk membentuk **plica infrapatellaris**; pinggir bebasnya disebut **plica alaris** (Gambar 12-31).

Bursa-Bursa yang Berhubungan dengan Sendi Lutut

Banyak bursa berhubungan dengan sendi lutut. Bursa-bursa ini ditemukan di tempat-tempat di mana kulit, otot, atau tendo bergesekan dengan tulang. Terdapat empat bursa di depan dan enam bursa dibelakang sendi. **Bursa suprapatellaris** dan **bursa popliteus** selalu berhubungan dengan sendi, dan **bursa semimembranosa** mungkin berhubungan dengan sendi.

Bursa Anterior

- **Bursa suprapatellaris** terletak di bawah musculus quadriceps dan berhubungan dengan rongga sendi (Gambar 12-30). Bursa ini telah diuraikan di atas.
- **Bursa prepatellaris** terletak di jaringan subcutan di antara kulit dan setengah bagian depan patella dan bagian atas ligamentum patellae (Gambar 12-30 dan 12-31).
- **Bursa infrapatellaris superficialis** terletak di jaringan subkutan di antara kulit dan di depan ligamentum patellae setengah bagian bawah (Gambar 12-30).
- **Bursa infrapatellaris profunda** terletak di antara ligamentum patellae dan tibia (Gambar 12-30).

Bursa Posterior

- **Bursa popliteus** ditemukan dalam hubungan dengan tendo musculus popliteus dan berhubungan dengan rongga sendi. Hal ini telah dijelaskan sebelumnya.
- **Bursa semimembranosus** ditemukan dalam hubungan dengan insersi musculus semimembranosus dan mungkin berhubungan dengan rongga sendi. Hal ini telah dijelaskan sebelumnya.

Empat bursa lainnya ditemukan dalam hubungan dengan tendo insersi musculus biceps femoris; hubungan dengan tendo musculus sartorius, musculus gracilis, dan musculus semitendinosus sewaktu berjalan ke tempat insersinya pada tibia; di bawah origo caput laterale musculus gastrocnemius; dan di bawah origo caput mediale musculus gastrocnemius.

Persarafan

Nervus femoralis, nervus obturatorius, nervus peroneus communis, dan nervus tibialis.

Pergerakan dan Otot-Otot yang menggerakkannya

Articulatio genus dapat melakukan fleksi, ekstensi, dan rotasi. Pada saat sendi lutut dalam keadaan ekstensi maksimal*, rotasi medial femur mengakibatkan pemutaran dan peregangan semua ligamentum utama sendi, dan lutut berubah menjadi struktur yang secara mekanis kokoh; cartilago menisci ditekan seperti bantal karet di antara condylus femoris dan tibiae. Lutut dalam keadaan ekstensi disebut posisi terkunci.

Sebelum dapat dilakukan fleksi sendi, ligamentum-ligamentum utama harus mengurai kembali dan mengendur untuk memungkinkan terjadinya gerakan-gerakan di antara permukaan sendi. Proses mengurai dan mengendur ini terjadi oleh musculus popliteus yang memutar femur ke lateral terhadap tibia. Sekali lagi menisci harus menyesuaikan bentuknya terhadap perubahan bentuk condylus femoris. Perlekatan musculus popliteus pada meniscus lateralis mengakibatkan struktur ini tertarik juga ke belakang.

Bila sendi lutut dalam keadaan fleksi sembilan puluh derajat, dapat dilakukan rotasi dalam derajat tertentu. Pada posisi fleksi, tibia secara pasif dapat juga digerakkan ke depan dan belakang terhadap femur. Hal ini dimungkinkan karena ligamentum-ligamentum utama, terutama ligamentum cruciatum pada posisi ini terdapat dalam keadaan lemas. Otot-otot berikut ini mempunyai fungsi pada pergerakan sendi lutut.

- **Fleksi:** musculus biceps femoris, musculus semitendinosus, musculus semimembranosus, dibantu oleh musculus gracilis, musculus sartorius, dan musculus popliteus merupakan otot-otot yang melakukan fleksi. Fleksi dibatasi oleh kontak bagian belakang tungkai tungkai bawah dengan tungkai atas.
- **Ekstensi:** musculus quadriceps femoris melakukan ekstensi. Ekstensi dihambat oleh tegangnya seluruh ligamentum-ligamentum utama sendi.
- **Rotasi Medial:** musculus sartorius, musculus gracilis, dan musculus semitendinosus melakukan rotasi medial.
- **Rotasi Lateral:** musculus biceps femoris melakukan rotasi lateral.

Stabilitas sendi lutut tergantung pada tonus otot-otot kuat yang bekerja terhadap sendi dan kekuatan ligamentum-ligamentum. Dari faktor-faktor ini, tonus otot adalah yang terpenting, dan menjadi tugas ahli fisioterapi untuk mengembalikan kekuatan otot ini, terutama musculus quadriceps setelah terjadi cedera sendi lutut.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Bursa prepatellaris (Gambar 12-31).
- **Ke posterior:** arteria dan vena poplitea; nervus tibialis dan nervus peroneus communis; nodi lymphoidei; dan otot-otot yang membentuk batas-batas fossa poplitea yaitu musculus semimembranosus, musculus semitendinosus, musculus biceps femoris, kedua caput musculus gastrocnemius, dan musculus plantaris (Gambar 12-31).
- **Ke medial:** musculus sartorius, musculus gracilis, dan musculus semitendinosus (Gambar 12-31).
- **Ke lateral:** musculus biceps femoris dan nervus peroneus communis (Gambar 12-31).

Anatomi Permukaan Regio Lutut

Anatomi permukaan regio lutut dapat dilihat pada Gambar 12-32.

*Perhatikan bahwa dalam keadaan kaki terletak di tanah pada posisi seseorang berdiri, femur dalam keadaan rotasi medial terhadap tibia untuk mengunci dan menstabilkan sendi lutut. Namun, bila kaki diangkat dari tanah, tibia mengalami rotasi ke arah lateral terhadap femur untuk mengunci sendi lutut.

Articulatio Tibiofibularis Proximalis

Articulatio

Articulatio di antara condylus lateralis tibiae dan caput fibulae (Gambar 12-30). Facies articularis rata dan diliputi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Ini adalah sendi sinovial, datar, dan *gliding*.

Capsula

Mengelilingi sendi dan melekat pada pinggir-pinggir permukaan sendi.

Ligamenta

Ligamentum anterius dan **posterius** memperkuat capsula articulare. **Membrana interossea** yang menghubungkan corpus tibiae dan fibulae, juga memperkuat sendi.

Membrana Synovialis

Melapisi capsula dan melekat pada pinggir-pinggir permukaan sendi.

Persarafan

Sendi ini dipersarafi oleh nervus peroneus communis.

Pergerakan

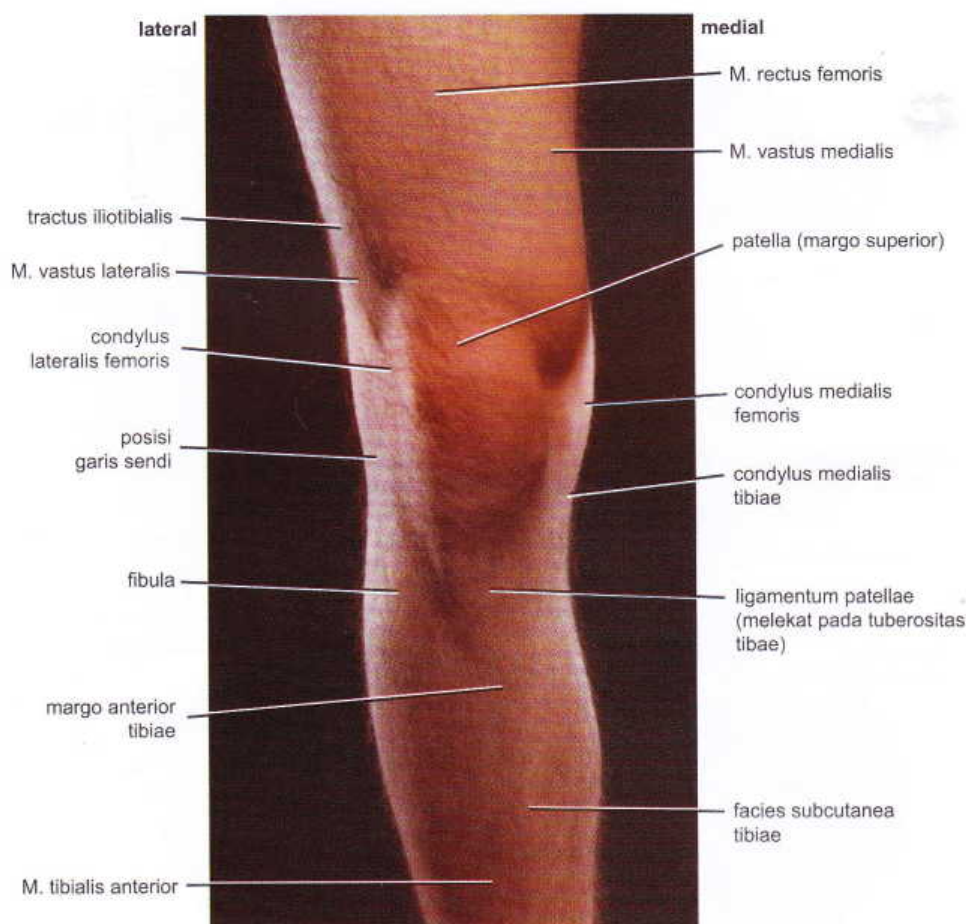
Sedikit gerakan meluncur (*gliding*) terjadi selama pergerakan sendi lutut.

Articulatio Tibiofibularis Distalis

Articulatio

Sendi di antara incisura fibularis pada ujung bawah tibia dengan ujung bawah fibula (Gambar 12-33 dan 12-34). Permukaan tulang yang berhadapan kasar.

Tipe

Articulatio tibiofibularis distalis merupakan sebuah sendi fibrosa.

Gambar 12-32 Aspek anterior lutut kanan seorang laki-laki berusia 27 tahun.

Capsula

Tidak ada.

Ligamenta

Ligamentum interosseum adalah pita jaringan fibrosa yang tebal dan kuat yang menghubungkan kedua tulang menjadi satu. **Membrana interossea** yang menghubungkan corpus tibiae dan fibulae, juga memperkuat sendi.

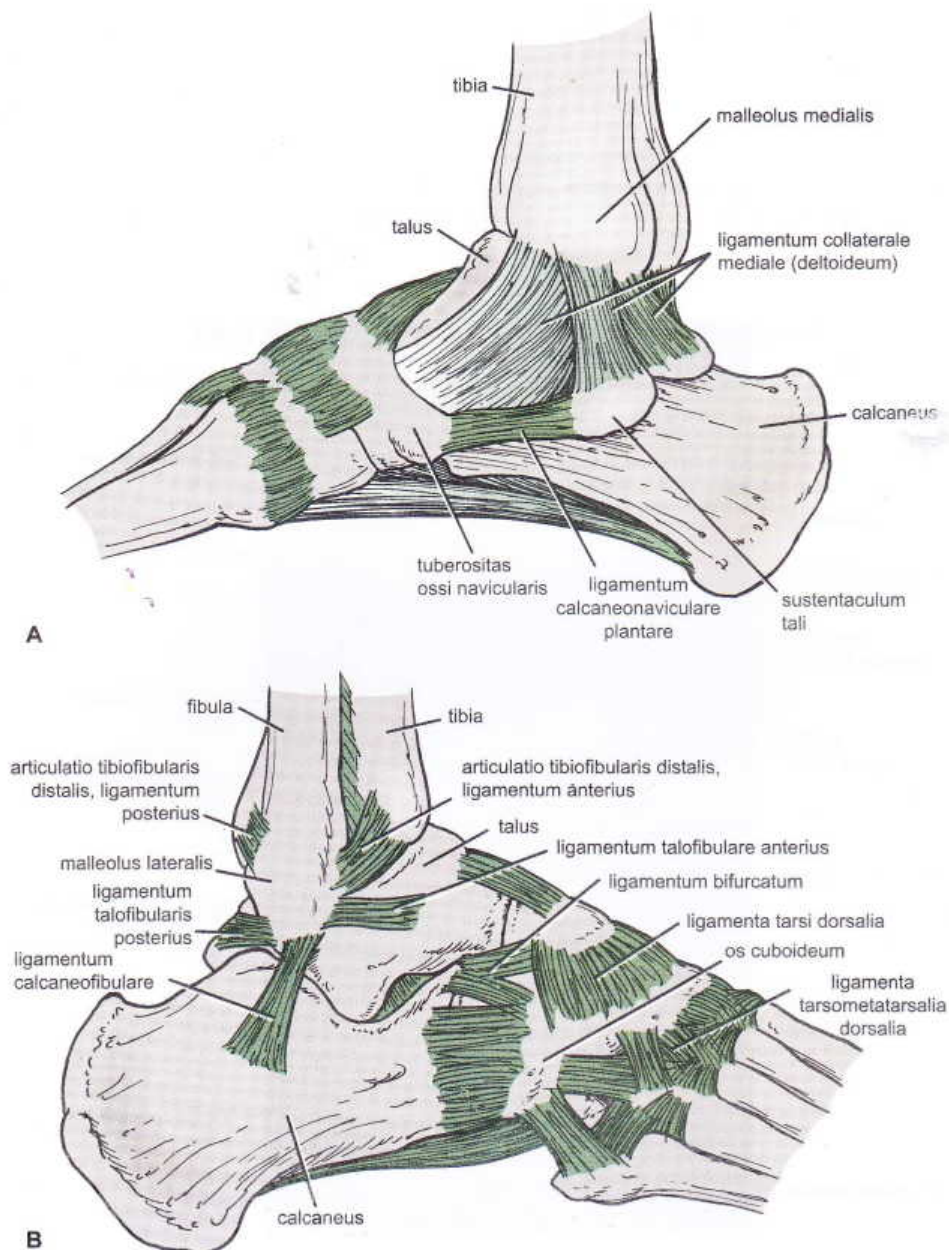
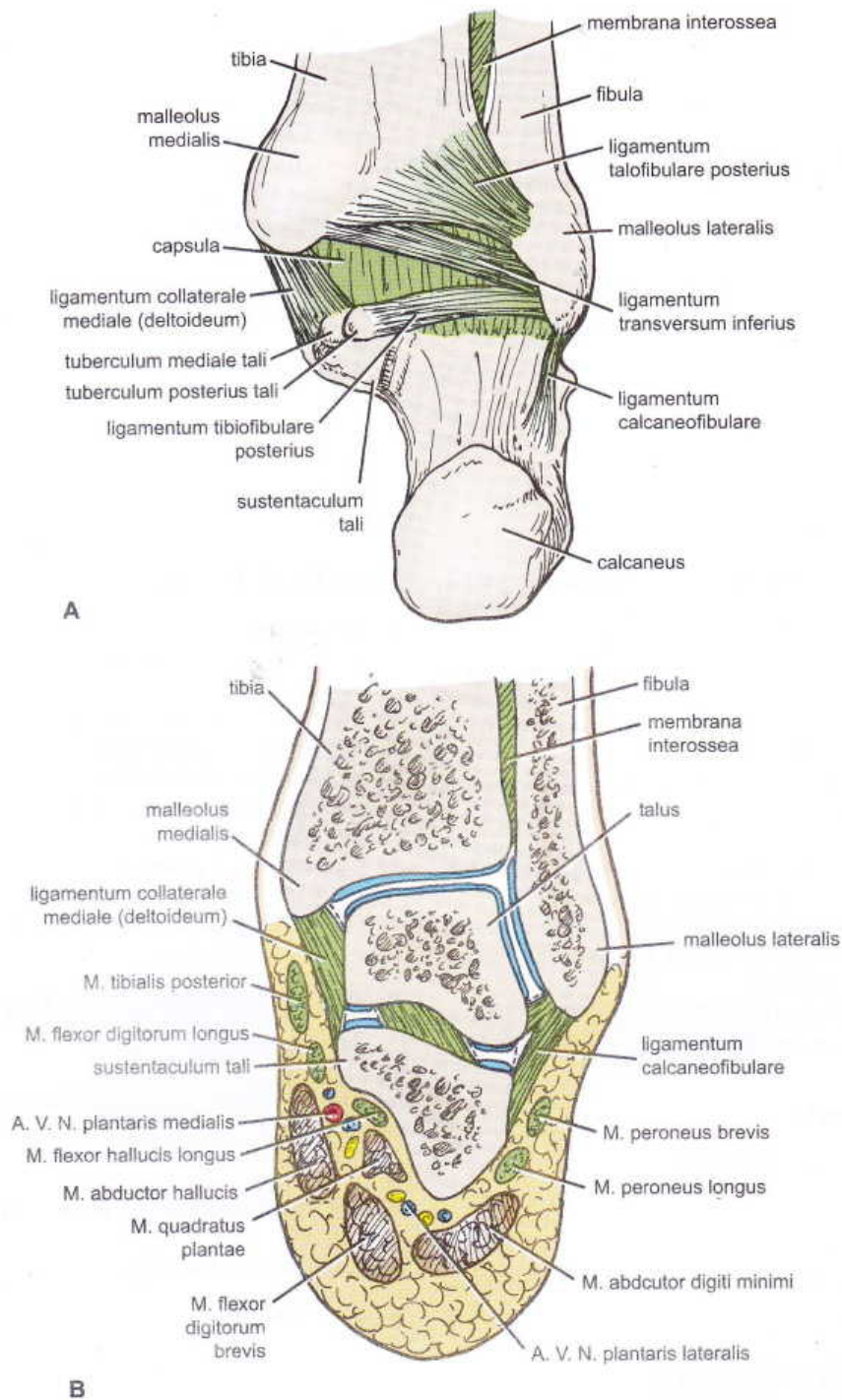
Ligamentum anterius dan **posterius** merupakan pita jaringan fibrosa pipih yang menghubungkan kedua tulang itu di depan dan belakang ligamentum interosseum.

Ligamentum transversum inferius berjalan dari permukaan medial bagian atas malleolus lateralis ke pinggir posterior ujung bawah tibia.

Persarafan

Nervus peroneus communis dan nervus tibialis menyarafi sendi ini.

Pergerakan

Sedikit gerakan terjadi selama gerakan pada sendi pergelangan kaki.

Gambar 12-33 Articulatio talocruralis dextra dilihat dari aspek medial (**A**) dan aspek lateral (**B**).

Gambar 12-34 Articulatio talocruralis dextra dilihat dari aspek posterior (**A**) dan potongan coronalnya (**B**).

Articulatio Talocruralis (Sendi Pergelangan Kaki)

Articulatio talocruralis terdiri dari sebuah lekuk yang dibentuk oleh ujung bawah tibia dan fibula, yang cocok dengan bagian atas corpus tali. Talus dapat digerakkan pada sumbu transversal dengan cara seperti gerakan engsel. Bentuk tulang-tulang dan kekuatan ligamentum dan tendo di sekelilingnya menjadikan sendi ini kuat dan stabil.

Articulatio

Articulatio di antara ujung bawah tibia, kedua malleoli, dan corpus tali (Gambar 12-33 dan 12-34). Ligamentum transversum tibiofibulare inferius yang berjalan antara malleolus lateralis dan pinggir posterior ujung bawah tibia memperdalam lekukan tempat menampung corpus tali. Facies articularis diliputi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Articulatio talocruralis adalah sendi sinovial dan engsel.

Capsula

Capsula membungkus sendi dan melekat pada tulang-tulang dekat pinggir sendi.

Ligamenta

Ligamentum collaterale mediale atau **deltoideum,** adalah ligamentum yang kuat dan puncaknya melekat pada malleolus medialis (Gambar 12-34). Di bawah, serabut-serabut dalamnya melekat pada daerah nonartikular pada permukaan medial corpus tali; serabut-serabut superficialnya melekat pada sisi medial talus, sustentaculum tali, ligamentum calcaneonaviculare plantare, dan tuberositas ossis navicularis.

Ligamentum laterale lebih lemah dari ligamentum mediale dan terdiri atas tiga pita.

- **Ligamentum talofibulare anterius** (Gambar 12-33) berjalan dari malleolus lateralis ke permukaan lateral talus.
- **Ligamentum calcaneofibulare** (Gambar 12-33) berjalan dari ujung malleolus lateralis ke bawah dan belakang menuju permukaan lateral calcaneus.
- **Ligamentum talofibulare posterius** (Gambar 12-33) berjalan dari malleolus lateralis ke tuberculum posterius tali.

Membrana Synovialis

Membrana ini melapisi capsula articularis.

Persarafan

Nervus peroneus profundus dan nervus tibialis menyarafi sendi ini.

Pergerakan dan Otot-Otot yang Menggerakkannya

Dorsofleksi (jari-jari menunjuk ke atas) dan plantarfleksi (jari-jari menunjuk ke bawah). Gerakan inversi dan eversi terjadi pada articulatio tarsalia dan **tidak pada articulatio talocruralis.**

Dorsofleksi dilakukan oleh musculus tibialis anterior, musculus extensor hallucis longus, musculus extensor digitorum longus, dan musculus peroneus tertius. Gerakan ini dihambat oleh tegangnya tendo calcaneus, serabut-serabut posterior ligamentum collaterale mediale, dan ligamentum calcaneofibulare.

Plantarfleksi dilakukan oleh musculus gastrocnemius, musculus soleus, musculus plantaris, musculus peroneus longus, musculus peroneus brevis, musculus tibialis posterior, musculus flexor digitorum longus, dan musculus flexor hallucis longus. Gerakan ini dihambat oleh tegangnya otot-otot yang berlawanan, serabut-serabut anterior ligamentum collaterale mediale, dan ligamentum talofibulare anterius.

Perhatikan bahwa selama dorsofleksi articulatio talocruralis, bagian anterior yang lebih lebar pada trochlea tali dipaksakan di antara malleolus medialis dan lateralis, yang menyebabkan mereka agak terpisah dan mengencangkan ligamentum-ligamentum sendi tibiofibularis distal. Susunan seperti ini meningkatkan kestabilan sendi pergelangan kaki bila kaki berada dalam posisi awal untuk gerak maju dalam berjalan, berlari, dan melompat.

Perhatikan juga bahwa bila sendi pergelangan kaki dalam keadaan plantarfleksi maksimal, ligamentum-ligamentum articulatio tibiofibularis distal kurang tegang dan memungkinkan sedikit gerakan rotasi, abduksi, dan aduksi.

Batas-Batas Penting

- **Ke anterior:** Musculus tibialis anterior, musculus extensor hallucis longus, arteria dan vena tibialis anterior, nervus peroneus profundus, musculus extensor digitorum longus, dan musculus peroneus tertius (Gambar 12-35).
- **Ke posterior:** Tendo calcaneus dan plantaris (Gambar 12-35).
- **Ke posterolateral (di belakang malleolus lateralis):** musculus peroneus longus dan brevis (Gambar 12-35).
- **Ke posteromedial (di belakang malleolus medialis):** musculus tibialis posterior, musculus flexor digitorum longus, arteria dan vena tibialis posterior, nervus tibialis dan musculus flexor hallucis longus (Gambar 12-35).

Anatomi Permukaan Regio Articulatio Talocruralis

Anatomi permukaan regio articulatio talocruralis dapat dilihat pada Gambar 12-36 dan 12-37.

Sendi-Sendi pada Kaki dan Jari Kaki

Articulationes Tarsales

Articulatio Subtalaris

Articulatio subtalaris adalah sendi posterior di antara talus dan calcaneus.

Articulatio

Articulatio antara permukaan inferior corpus tali dan facies medial permukaan atas calcaneus (Gambar 12-38). Facies articulare diliputi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Sendi-sendi ini adalah sinovial, dan jenis plana.

Capsula

Capsula membungkus sendi dan melekat pada pinggir-pinggir area sendi kedua tulang.

Ligamenta

Ligamentum collaterale mediale dan **laterale (talocalcaneus)** memperkuat capsula (simpai sendi). **Ligamentum interosseus (talocalcaneus)** (Gambar 12-34) kuat dan merupakan pengikat utama antara kedua tulang itu. Ligamentum ini melekat di atas pada sulcus tali dan di bawah pada sulcus calcanei.

Membrana Synovialis

Membrana synovialis melapisi capsula articulare.

Gerakan

Dapat dilakukan meluncur dan rotasi.

Articulatio Talocalcaneonavicularis

Articulatio talocalcaneonavicularis adalah sendi anterior antara talus dan calcaneus dan juga termasuk os naviculare (Gambar 12-38).

Articulatio

Articulatio antara caput tali yang bulat, permukaan atas sustentaculum tali, dan permukaan posterior atau yang cekung dari os naviculare. Facies articulare diliputi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Jenis sendi ini adalah sendi sinovial.

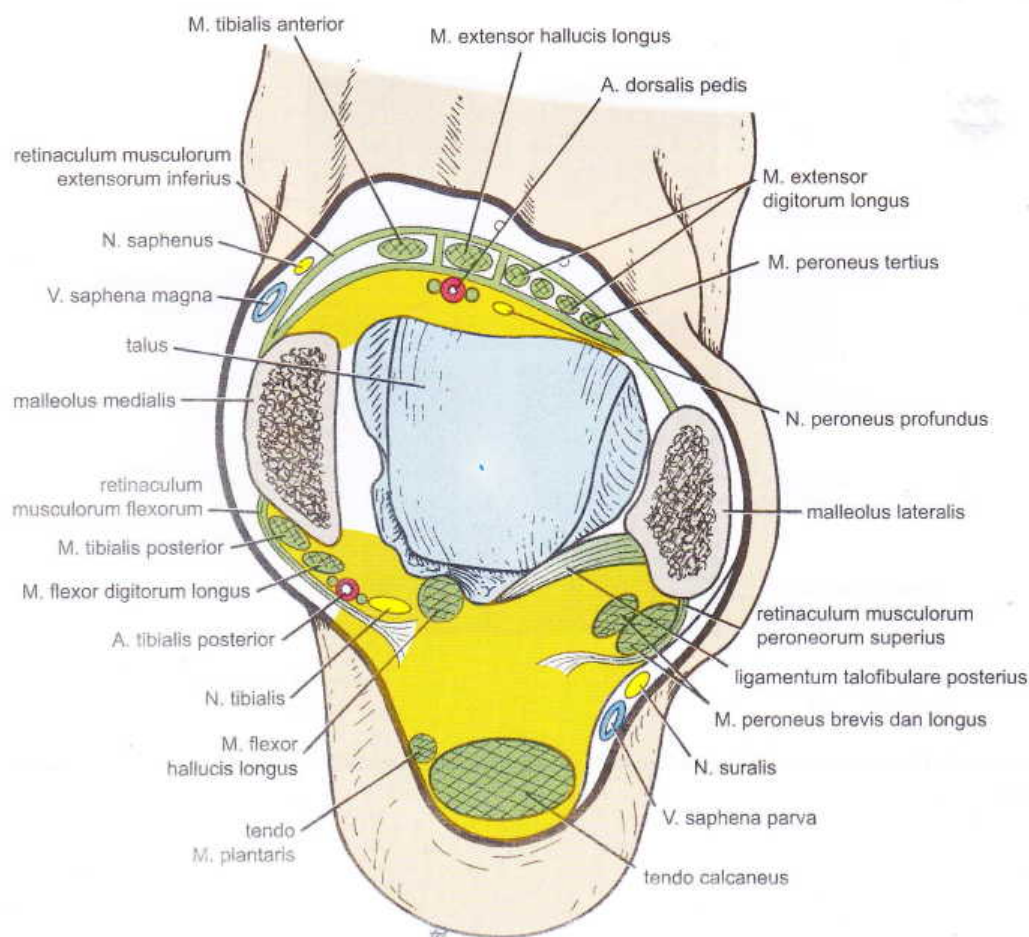
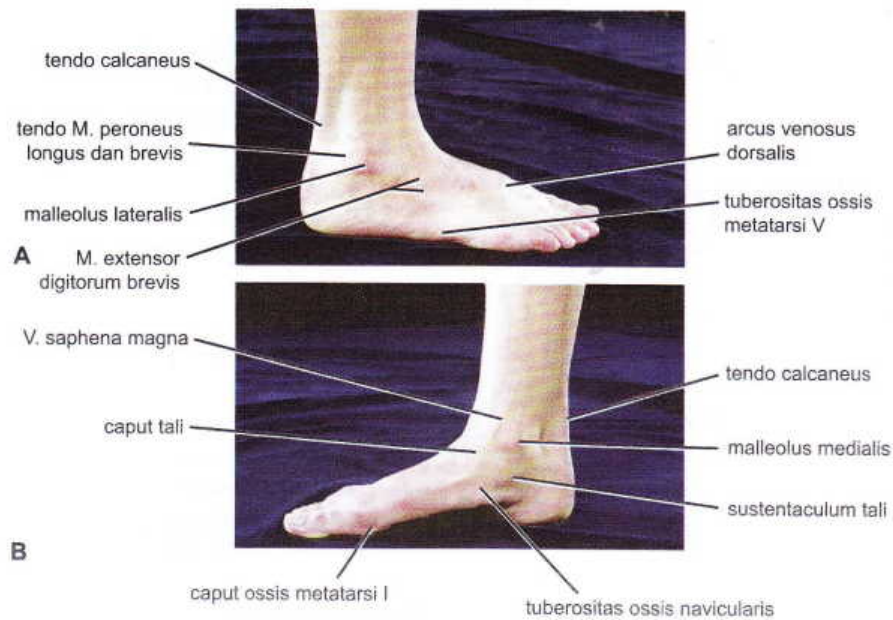
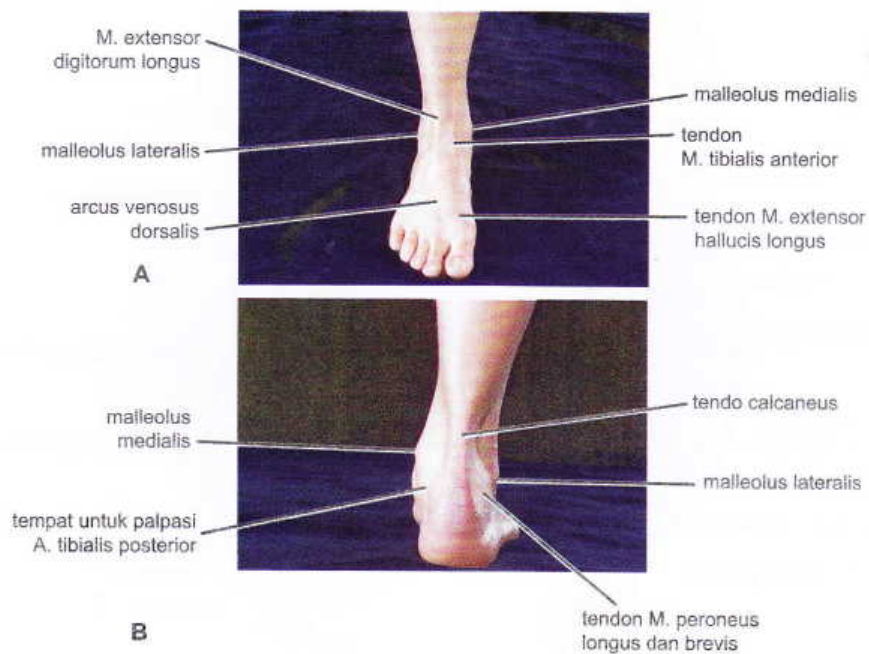
Capsula

Capsula membungkus sendi dengan tidak sempurna.

Ligamenta

Ligamentum calcaneonaviculare plantare kuat dan berjalan dari margo anterior sustentaculum tali ke facies inferior dan tuberositas ossis navicularis. Permukaan superior ligamentum diliputi oleh fibrocartilago dan menyokong caput tali.

Membrana Synovialis

Membrana synovialis meliputi capsula articulare.

Gambar 12-35 Hubungan articulatio talocruralis dextra.

Gambar 12-36 Aspek lateral (**A**) dan aspek medial (**B**) pergelangan kaki kanan seorang perempuan berusia 29 tahun.

Gambar 12-37 Aspek anterior (**A**) dan aspek posterior (**B**) kaki dan pergelangan kaki kanan seorang perempuan berusia 29 tahun.

Gerakan

Dapat dilakukan meluncur dan rotasi.

Articulatio Calcaneocuboidea

Articulatio

Articulatio antara ujung anterior calcaneus dan permukaan posterior os cuboideum (Gambar 12-38). Permukaan sendi ditutupi oleh tulang rawan hialin.

Tipe

Articulatio calcaneocuboidea adalah variasi sendi sinovial dan jenis datar.

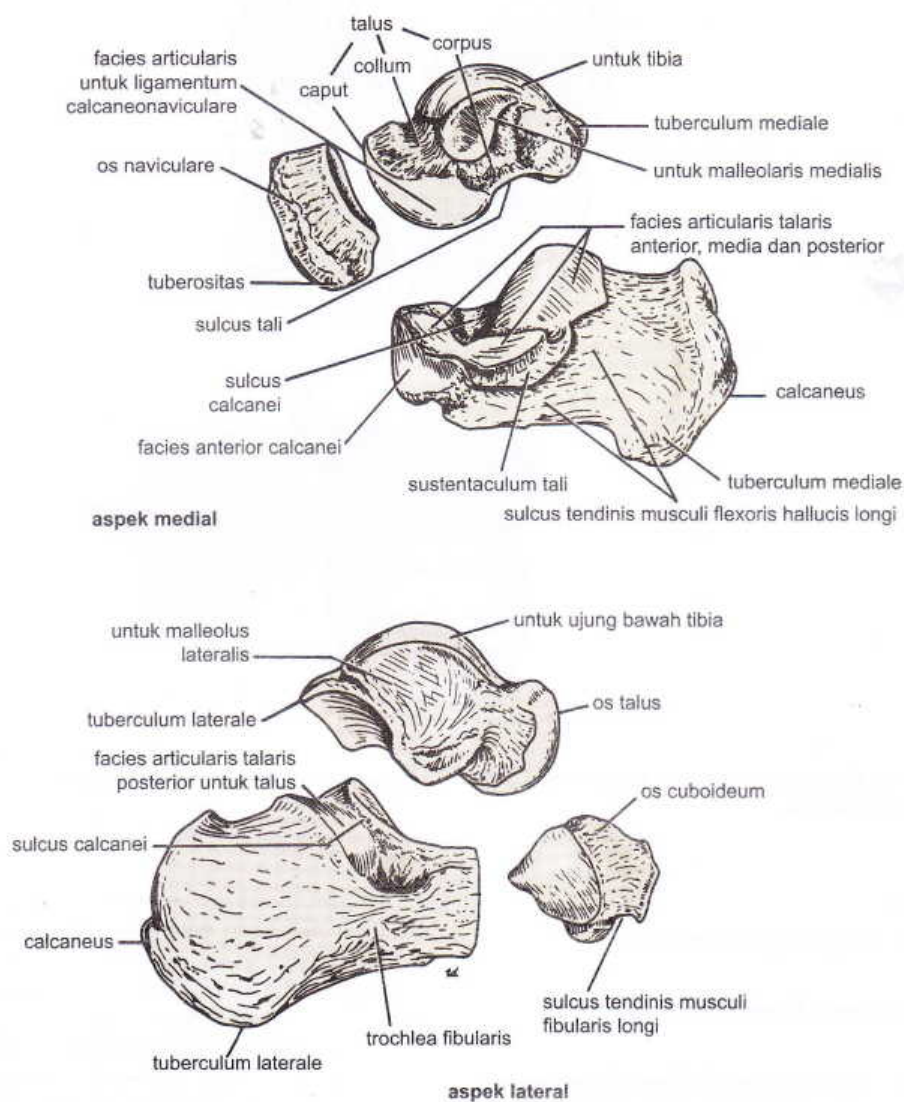
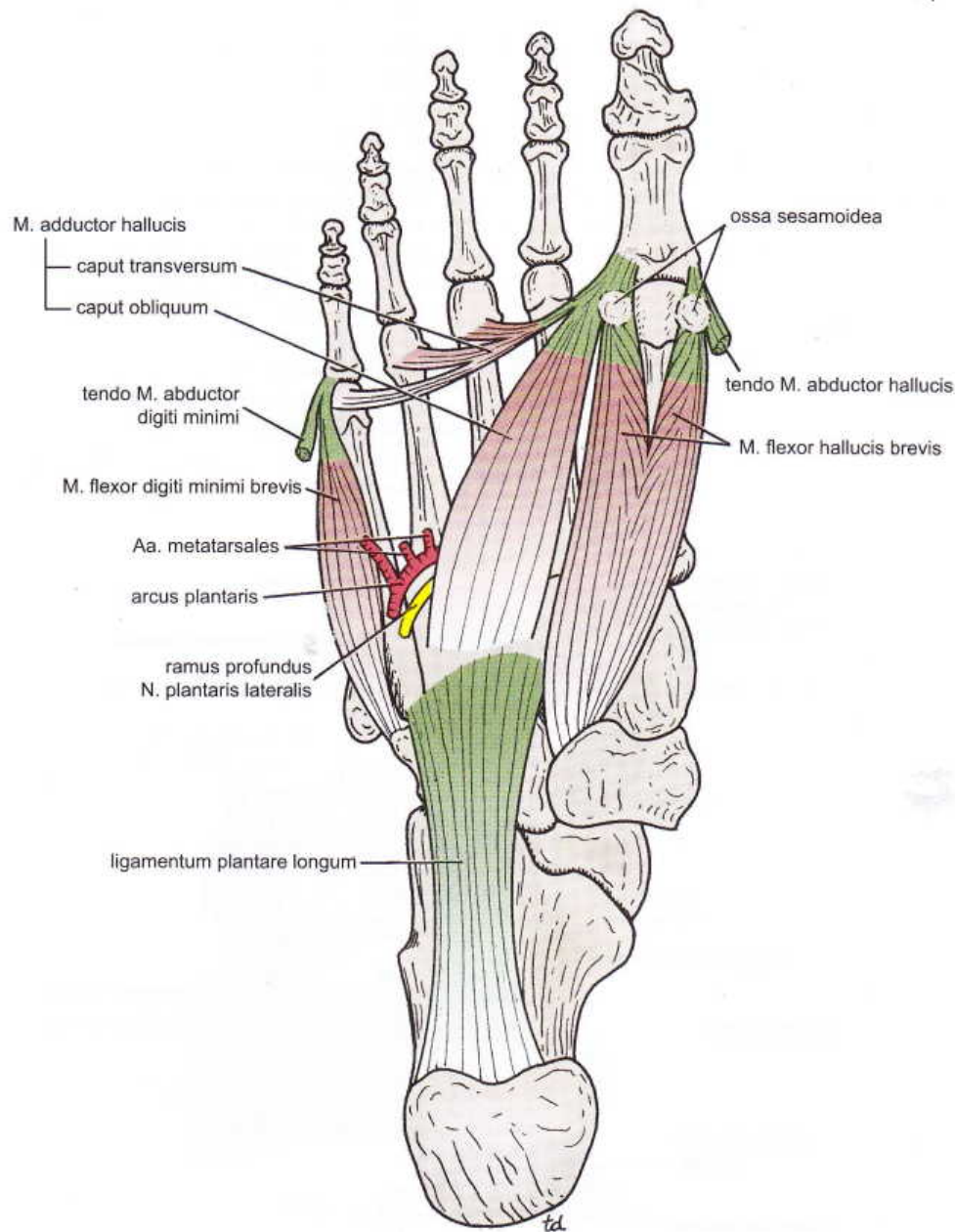
Capsula

Capsula membungkus sendi.

Ligamenta

Ligamentum bifurcatum adalah ligamentum kuat pada permukaan atas sendi (Gambar 12-33). Berbentuk huruf Y dan batangnya melekat pada permukaan atas bagian anterior calcaneus. Kaki lateral melekat pada permukaan atas os cuboideum, dan kaki medial melekat pada permukaan atas os naviculare.

Ligamentum plantare longum adalah ligamentum kuat pada permukaan bawah sendi (Gambar 12-39 dan 12-40). Ligamentum ini melekat di belakang pada permukaan bawah calcaneus dan di depan pada permukaan bawah os cuboideum dan basis ossis metatarsi ketiga, keempat, dan kelima. Ligamentum ini menghubungkan alur untuk tendo musculus peroneus longus dan mengubahnya menjadi saluran.

Ligamentum plantare brevis adalah ligamentum lebar yang kuat, yang melekat pada tuberculum anterior permukaan bawah calcaneus dan pada bagian yang berdekatan pada os cuboideum (Gambar 12-40).

Gambar 12-38 Calcaneus, talus, os naviculare dan os cuboideum.

Gambar 12-39 Lapisan ketiga musculi plantares pedis dextrae. Terlihat juga ramus profundus nervus plantaris lateralis dan arcus arterialis plantaris.

Membrana Synovialis

Membrana synovialis melapisi capsula articularis.

Gerakan Articulatio Subtalaris, Talocalcaneonavicularis, dan Calcaneocuboidea

Articulatiotalocalcaneonavicularisdanarticulatiocalcaneocuboidea keduanya disebut sebagai **articulatio tarsi transversa** atau ***midtarsal***.

Gerakan inversi dan eversi kaki yang penting terjadi pada articulatio subtalaris dan tarso transversalis. **Inversi** adalah gerakan kaki sehingga telapak kaki menghadap ke medial. **Eversi** adalah gerakan sebaliknya sehingga telapak kaki menghadap ke lateral. Gerakan inversi lebih luas dari eversi.

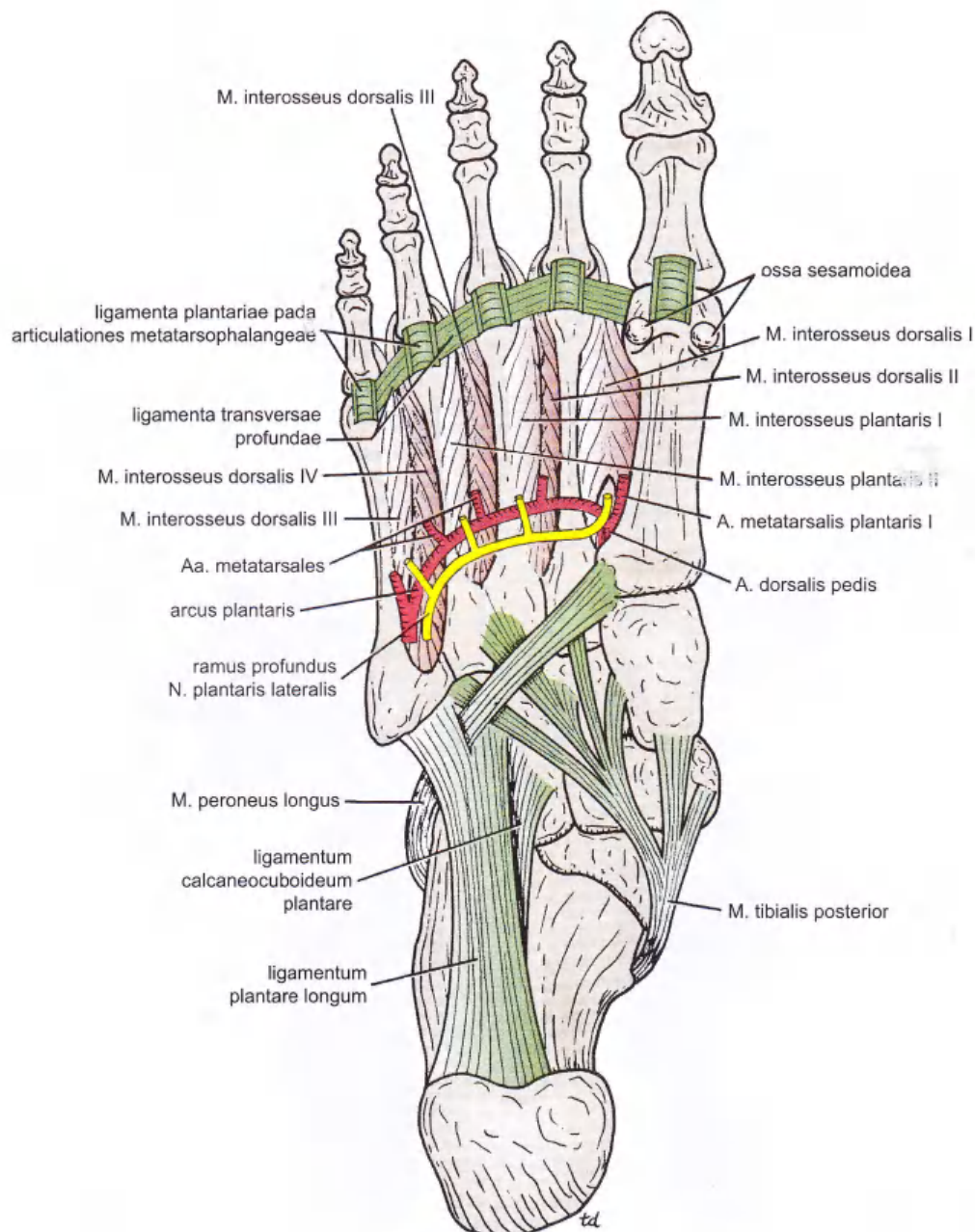
Inversi dilakukan oleh musculus tibialis anterior, musculus extensor hallucis longus, dan tendo medial musculus extensor digitorum longus; Musculus tibialis posterior juga ikut membantu.

Eversi dilakukan oleh musculus peroneus longus, musculus peroneus brevis, dan musculus peroneus tertius; tendo lateral musculus extensor digitorum longus juga ikut membantu.

Articulatio Cuneonavicularis

Articulatio cuneonavicularis adalah **sendi** antara os naviculare dan ketiga ossa cuneiforme. Ini adalah sendi jenis sinovial dan jenis *gliding*. **Capsula articularis** diperkuat oleh ligamentum dorsale dan plantare. **Cavitas articularis** berhubungan dengan rongga sendi articulationes intercuneiformes dan cuneocuboideae, dan juga dengan articulationes cuneometatarsales dan intermetatarsales, di antara basis ossis metatarsi II dan III, dan diantara III dan IV.

Articulatio Cuboideonavicularis

Articulatio cuboideonavicularis umumnya adalah sendi fibrosa dengan kedua tulang dihubungkan oleh ligamentum dorsale, plantare, dan interosseum.

Gambar 12-40 Lapisan keempat musculi plantares pedis dextrae. Terlihat juga ramus profundus nervus plantaris lateralis dan arcus plantaris. Perhatikan ligamenta transversae profundae.

Articulationes Intercuneiformes dan Cuneocuboideae

Articulationes intercuneiformes dan cuneocuboideae adalah sendi sinovial jenis datar. Rongga sendinya berhubungan dengan rongga sendi articulatio cuneonavicularis. Tulang-tulang dihubungkan oleh ligamentum dorsale, plantare, dan interosseum.

Articulationes Tarsometatarsales dan Intermetatarsales

Articulationes tarsometatarsales dan intermetatarsales adalah sendi-sendi sinovial dan jenis datar. Tulang-tulang dihubungkan oleh ligamentum dorsale, plantare, dan interosseum. Articulatio tarsometatarsalis ibu jari kaki mempunyai rongga sendi yang terpisah.

Articulationes Metatarsophalangeae dan Interphalangeae

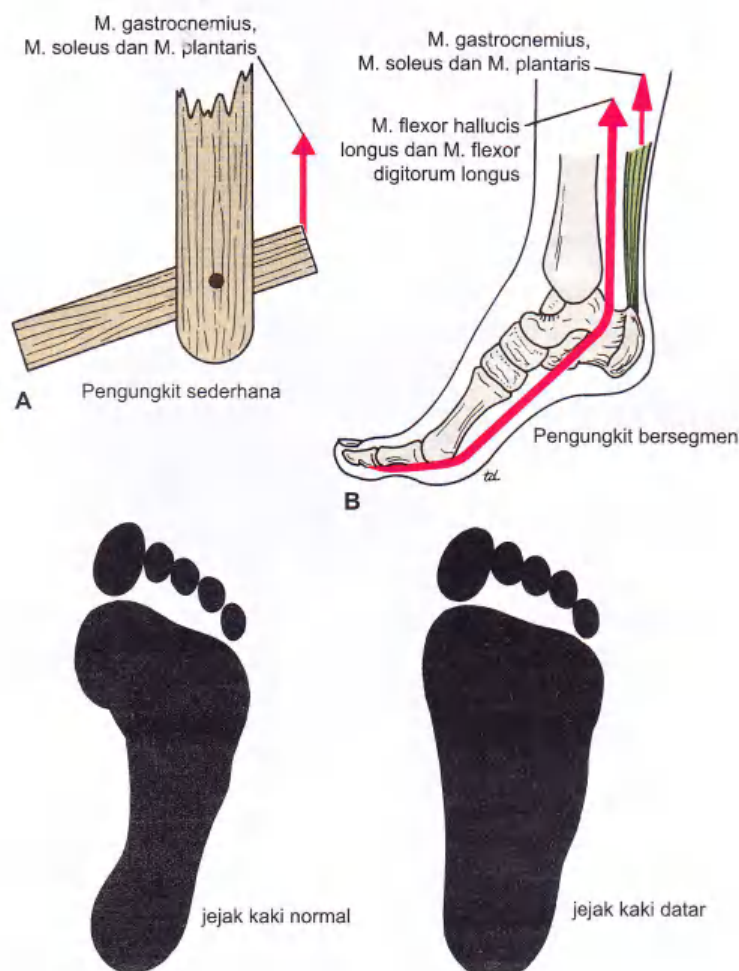
Articulationes metatarsophalangeae dan interphalangeae mirip dengan yang terdapat pada tangan. Ligamentum transversum profundum menghubungkan sendi-sendi kelima jari kaki.

Gerakan abduksi dan aduksi jari-jari yang dilakukan oleh musculi interossei hanya sedikit dan berlangsung dari garis tengah jari kedua dan bukan jari ketiga seperti pada tangan.

CATATAN FISIOLOGI

Kaki Sebagai Sebuah Unit Fungsional

Kaki Sebagai Sebuah Penyokong Berat Badan dan Pengungkit

Kaki mempunyai dua fungsi utama: menyokong berat badan dan berfungsi sebagai pengungkit untuk menggerakan tubuh ke depan sewaktu berjalan dan berlari. Karena kaki mempunyai satu tulang yang kuat dan bukan beberapa tulang yang kecil, kaki dapat menyokong berat badan dan berfungsi sebagai pengungkit yang kaku untuk gerakan ke depan (Gambar 12-41). Namun, dengan susunan seperti itu kaki tidak dapat menyesuaikan diri terhadap permukaan yang tidak rata, dan gerak maju seluruhnya akan tergantung pada aktivitas musculus gastrocnemius dan musculus

Gambar 12-41 Kaki sebagai pengungkit sederhana (**A**) dan pengungkit bersegmen (**B**). Diperlihatkan juga cetakan kaki normal dan kaki datar di lantai

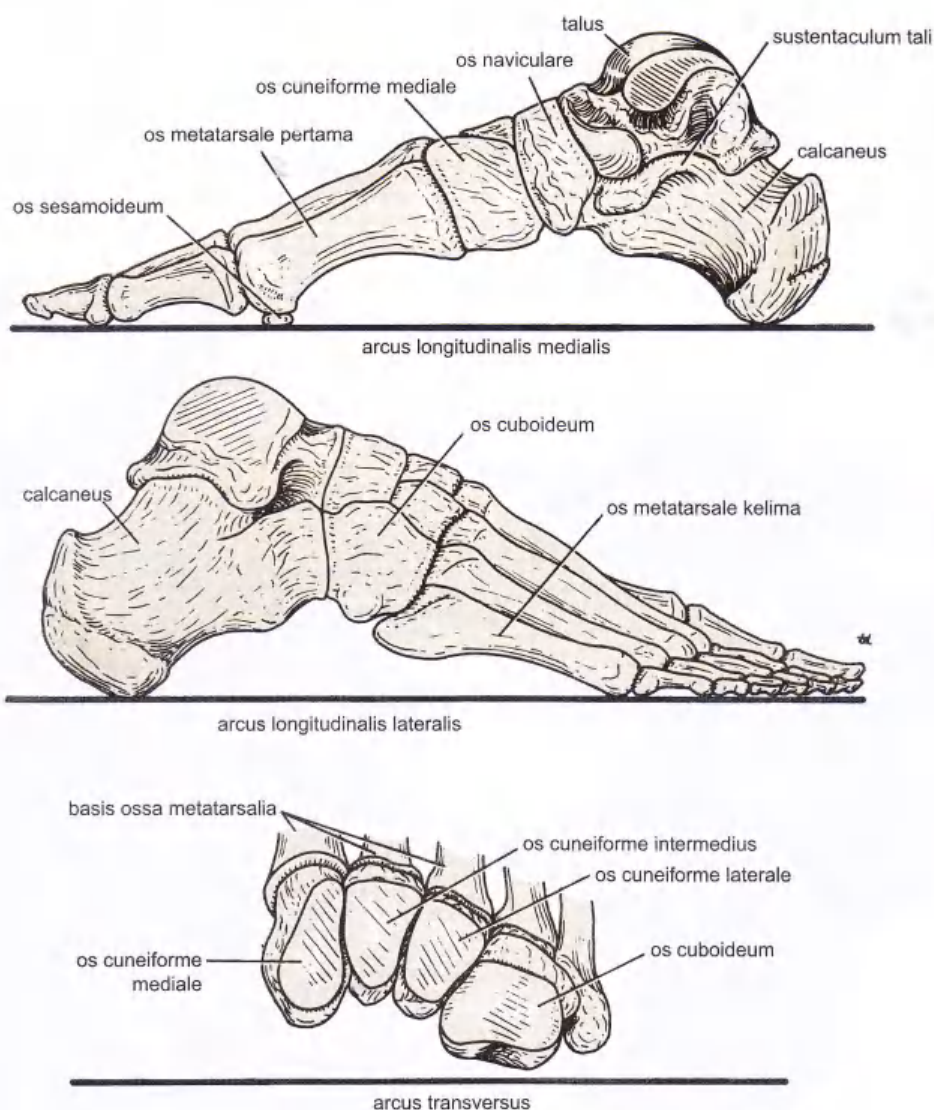
soleus. Karena pengungkit ini terdiri dari segmen-segmen dengan banyak sendi, maka kaki bersifat fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap permukaan yang tidak rata. Lagipula, otot-otot flexor panjang dan otot-otot kecil kaki berkerja pada tulang-tulang kaki bagian depan dan jari-jari (sebagai landasan maju dari kaki) dan sangat membantu gerakan maju ke depan musculus gastrocnemius dan musculus soleus (Gambar 12-41).

Arcus Pedis

Struktur yang bersegmen hanya dapat menyokong berat badan bila dibangun dalam bentuk lengkung. Kaki mempunyai tiga lengkung yang telah ada sejak lahir: **arcus longitudinalis medialis, arcus longitudinalis lateralis,** dan **arcus transversus** (Gambar 12-42). Pada anak-anak kecil, kaki tampaknya datar karena banyaknya lemak subcutan pada telapak kaki.

Tulang-Tulang Arcus

Pemeriksaan pada kaki yang berartikulasi atau foto lateral kaki, akan dapat dilihat tulang-tulang yang membentuk arcus pedis.

- **Arcus Longitudinalis Medialis:** Arcus ini dibentuk oleh calcaneus, talus, oc naviculare, ketiga os cuneiforme, dan ketiga ossa metatarsalia yang pertama (Gambar 12-42).
- **Arcus Longitudinalis Lateralis:** Arcus ini dibentuk oleh calcaneus, cuboideum, dan os metatarsale keempat dan kelima (Gambar 12-42).

Gambar 12-42 Tulang-tulang yang menyusun arcus longitudinalis medialis, arcus longitudinalis lateralis, dan arcus transversus pedis dextra.

- **Arcus transversus:** Arcus ini dibentuk oleh basis ossa metatarsalia dan os cuboideum dan ketiga os cuneiforme (Gambar 12-42).

Mekanisme Penyanggah Arcus

Selain daripada bentuk masing-masing tulang, arcus disokong oleh musculi dan ligamenta berikut ini.

Arcus Longitudinalis Medialis.

Penyanggah Otot: Bagian medial musculi flexor digitorum brevis, musculus abductor hallucis, musculus flexor hallucis longus, bagian medial musculus flexor digitorum longus, dan musculus flexor hallucis brevis, musculus tibialis anterior, pelebaran tendo insersi musculus tibialis posterior.

Penyanggah Ligament: Ligamentum plantare dan dorsale termasuk ligamentum calcaneonaviculare plantare yang penting; ligamentum mediale articulatio talocruralis, dan aponeurosis plantaris.

Arcus Longitudinalis Lateralis

Penyanggah Otot: musculus abductor digiti minimi, bagian lateral musculus flexor digitorum longus dan brevis, serta musculus peroneus longus dan brevis.

Penyanggah Ligament: Ligamenta plantaria yang panjang dan pendek serta aponeurosis plantaris.

Arcus Transversus

Penyanggah Otot: musculi interossei dorsales, caput transversum musculus adductor hallucis, musculus peroneus longus dan musculus peroneus brevis.

Penyanggah Ligament: Ligamenta transversa profunda, ligamenta plantaria yang sangat kuat.

Bentuk kokoh os cuneiforme yang seperti wajik dan basis ossa metatarsi berperan besar dalam menyokong arcus transversus.

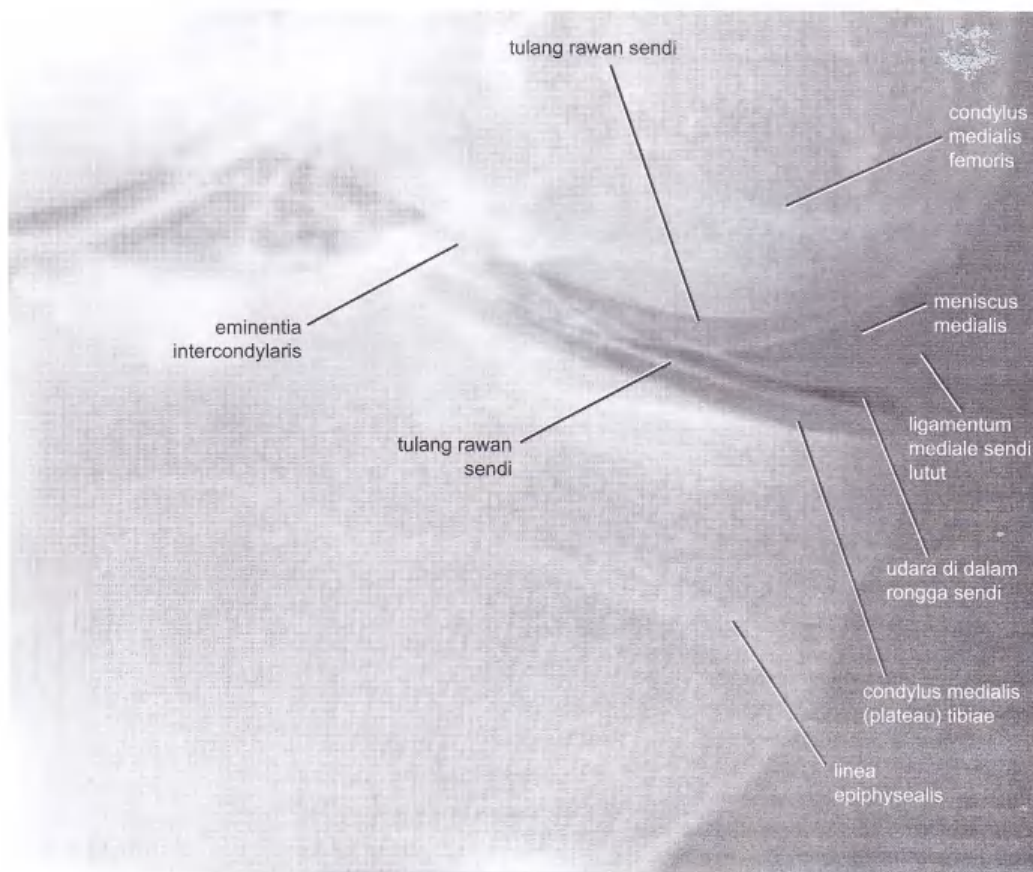
CATATAN FISIOLOGI

Fungsi Gerak Maju Kaki

Berdiri Diam

Berat badan didistribusikan melalui tumit di belakang dan caput ossis metatarsi di depan (termasuk kedua os sesamoid di bawah caput ossis metatarsi I).

Berjalan

Sewaktu berat badan berpindah ke depan, berat itu berturut-turut disokong oleh pinggir lateral kaki dan caput ossis metatarsi.

Gambar 12-43 Pneumoarthrograf lutut.

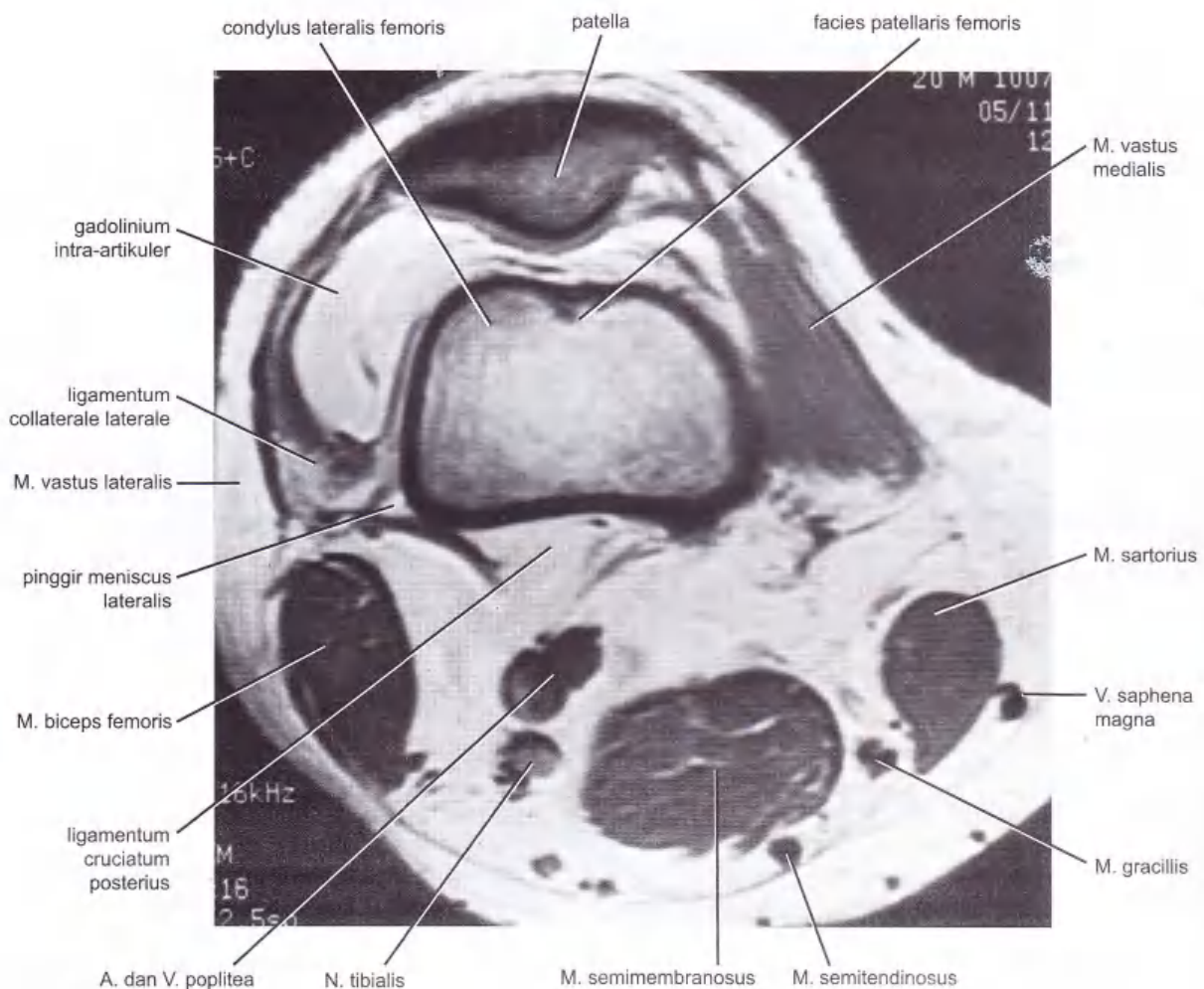
Sewaktu tumit terangkat, jari-jari ekstensi pada articulationes metatarsophalangeae, dan aponeurosis plantaris tertarik sehingga memperpendek tali penahan (*tie beam*) dan meninggikan arcus longitudinalis. Tendo otot-otot flexor panjang yang kendur dikencangkan, sehingga meningkatkan efisiensinya. Badan kemudian terdorong ke depan oleh kerja musculus gastrocnemius dan musculus soleus (dan musculus plantaris) pada sendi pergelangan kaki, menggunakan kaki sebagai pengungkit, dan karena jari-jari kaki mengalami fleksi kuat oleh otot-otot flexor panjang dan pendek kaki, mengakibatkan akhir dari dorongan ke depan. musculi lumbricales dan musculi interossei berkontraksi dan mempertahankan jari-jari kaki tetap dalam keadaan ekstensi sehingga mereka tidak tertekuk ke bawah karena kuatnya tarikan musculus flexor digitorum longus. Dalam gerakan ini tendo-tendo flexor panjang juga membantu plantarfleksi sendi pergelangan kaki.

Berlari

Bila seseorang berlari, berat badan menumpu pada bagian depan kaki, dan tumit tidak menyentuh tanah. Lemparan ke depan tubuh disebabkan oleh mekanisme yang diuraikan pada berjalan.

GAMBARAN RADIOGRAFI SENDI-SENDI DI EXTREMITAS INFERIOR

Gambaran radiografi sendi-sendi di extremitas inferior dapat dilihat pada Gambar 11-63 sampai 11-74 dan 12-43 dan 12-44.

condylus lateralis femoris
patella
facies patellaris femoris
M. vastus medialis
gadolinium intra-artikuler
ligamentum collaterale laterale
M. vastus lateralis
pinggir meniscus lateralis
M. sartorius
M. biceps femoris
V. saphena magna
ligamentum cruciatum posterius
M. gracillis
A. dan V. poplitea
N. tibialis
M. semimembranosus
M. semitendinosus

Gambar 12-44 Pencitraan resonansi magnetik (MRI) densitas proton transversal (axial) lutut kanan dengan larutan garam gadolinium intraartikuler (dilihat dari bawah).

Pertanyaan

Pertanyaan Sendi Umum

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

Pertanyaan Melengkapi

1. Seorang pasien melakukan gerakan fleksi articulatio coxae, jika dia:
   A. menggerakkan extremitas inferior menjauhi garis tengah pada bidang coronal.
   B. menggerakkan extremitas inferior ke posterior pada bidang paramedian.
   C. menggerakkan extremitas inferior ke anterior pada bidang paramedian.
   D. memutar extremitas inferior sehingga permukaan anterior menghadap ke medial.
   E. memutar extremitas inferior ke arah bidang medio-sagittal.

2. Inversi kaki adalah sebuah gerakan sehingga telapak kaki menghadap ke:
   A. ke bawah dan posterior.
   B. ke medial.
   C. ke lateral.
   D. ke bawah.
   E. ke bawah dan lateral.

Pertanyaan Mencocokkan

Untuk setiap sendi di bawah ini, pilihlah gerakan tipe apa yang cocok.

3. Articulatio sternoclavicularis

4. Articulatio radioulnaris superior

5. Articulatio talocruralis
   A. fleksi
   B. meluncur
   C. A dan B
   D. Bukan A atau B

Untuk setiap sendi di bawah ini, pilihlah tipe sendi yang paling cocok.

6. Sendi-sendi di antara corpus vertebrae

7. Articulatio tibiofibularis inferior

8. Sutura di antara tulang-tulang cranium

9. Articulatio radiocarpea
   A. Sendi sinovial
   B. Kartilaginosa
   C. Fibrosa
   D. Bukan salah satu di atas

Untuk setiap tipe sendi sinovial di bawah ini, berilah contoh yang sesuai.

10. Articulatio ginglymus (sendi engsel)

11. Articulatio condyloidea

12. Articulatio spheroidea (*ball and socket*)

13. Articulatio sellaris
    A. Articulatio metacarpophalangea jari telunjuk
    B. Articulatio humeri
    C. Articulatio radiocarpea
    D. Articulatio carpometacarpea ibujari tangan
    E. Tidak ada pilihan

Sendi-Sendi Kepala dan Leher

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

14. Pernyataan berikut ini benar untuk articulatio temporo-mandibularis, **kecuali**:
    A. Facies articularis superior dibentuk oleh tuberculum articulare dan portio anterior fossa mandibularis ossis temporalis.
    B. Ligamentum temporomandibulare laterale melindungi meatus acusticus externus dari pergeseran caput mandibulae ke belakang yang berlebihan.
    C. Discus articularis disusun oleh fibrocartilago.
    D. Umumnya cavitas articularis superior dan inferior saling berhubungan.
    E. Persarafan sendi berasal dari nervus auriculotemporalis dan rami masseterica divisi mandibularis nervus trigeminus.

15. Pernyataan berikut ini benar untuk gerakan articulatio temporomandibularis, **kecuali**:
    A. Depresi mandibula dilakukan oleh kontraksi musculus genioglossus.
    B. Elevasi mandibula dilakukan oleh kontraksi musculus temporalis, masseter, dan pterygoideus medialis.
    C. Pada saat mulut mulai terbuka, caput mandibulae berputar ke permukaan bawah discus articulare.
    D. Gerakan protrusi mandibula terjadi pada cavitas articularis superior.
    E. Protrusi mandibula dilakukan oleh kontraksi musculus pterygoideus lateralis kedua sisi, dibantu oleh musculus pterygoideus medialis kedua sisi.

16. Otot-otot manakah yang berinsersi pada discus articularis pada articulatio temporomandibularis?
   A. pterygoideus medialis
   B. serabut anterior musculus temporalis
   C. masseter
   D. serabut posterior musculus temporalis
   E. pterygoideus lateralis

Sendi-Sendi Columna Vertebralis

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

17. Pernyataan berikut ini benar untuk discus intervertebralis, **kecuali**:
   A. Nucleus pulposus umumnya berherniasi kearah antero-lateral.
   B. Discus paling tebal di daerah lumbal.
   C. Articulatio atlanto-axialis tidak mempunyai discus.
   D. Discus berperan penting dalam perkembangan lengkung-lengkung columna vertebralis.
   E. Dalam proses penuaan, cairan di dalam nucleus pulposus digantikan oleh fibrocartilago.

18. Pernyataan berikut ini benar untuk articulatio atlanto-axialis, **kecuali**:
   A. Ligamentum apicale menghubungkan apex dentis ke arcus anterior atlas.
   B. Pars transversa ligamentum cruciatum dilekatkan pada kedua sisi permukaan dalam massa lateralis atlantis dan melekatkan dens ke arcus anterior atlas.
   C. Ligamenta alares menghubungkan dens ke sisi medial condylus occipitalis ossis occipitalis tengkorak.
   D. Articulatio atlanto-axialis merupakan sendi sinovial.
   E. Rotasi luas dari atlas mengakibatkan kepala dapat berputar pada sendi.

19. Pernyataan berikut ini benar untuk sendi-sendi di antara kedua arcus vertebrae, **kecuali**:
   A. sendi-sendi adalah sendi sinovial.
   B. sendi-sendi di antara processus articularis superior dan inferior vertebra yang berdekatan.
   C. Facies articularis tidak mempunyai tulang rawan hialin.
   D. Sendi-sendi dikelilingi oleh ligamentum capsulare
   E. Di regio cervicalis, ligamentum supraspinale dan inter-spinale menebal untuk membentuk ligamentum nuchae.

Sendi-Sendi Thorax

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

20. Vertebra thoracica VI bersendi melalui sendi sinovial dengan semua struktur di bawah ini, **kecuali**:
   A. caput costae VI
   B. corpus vertebrae thoracicae V
   C. tuberculum costae VI
   D. processus articularis inferior vertebrae thoracicae V
   E. processus articularis superior vertebrae thoracicae VII

21. Cartilago costalis berikut ini yang **tidak** bersendi langsung dengan corpus sterni adalah:
   A. kedua.
   B. keempat.
   C. kelima
   D. kedelapan
   E. ketiga

Sendi-Sendi Extremitas Superior

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

22. Saraf yang berhubungan dengan aspek inferior articulatio humeri dan mungkin cedera pada dislokasi articulatio humeri adalah:
   A. radialis
   B. ulnaris
   C. axillaris
   D. medianus
   E. musculocutaneus

23. Pernyataan berikut ini benar untuk abduksi lengan atas pada articulatio humeri, **kecuali**:
   A. Abduksi lengan atas melibatkan rotasi pada scapula demikian pula gerakan pada articulatio humeri.
   B. Untuk setiap 3° abduksi lengan atas, terjadi 2° abduksi articulatio humeri serta terjadi 1° abduksi melalui rotasi scapula.
   C. Pada sekitar 120° abduksi lengan atas, tuberculum majus humeri kontak dengan pinggir lateral acromion.
   D. Pada sekitar 120° abduksi lengan atas, abduksi selanjutnya diselesaikan dengan rotasi scapula.
   E. Musculus trapezius dan serratus anterior berperan untuk melakukan abduksi articulatio humeri.

24. Otot-otot berikut ini berperan pada fleksi articulatio cubiti, **kecuali**:
   A. biceps brachii
   B. brachioradialis
   C. pronator teres
   D. anconeus
   E. brachialis

25. Ligamentum mediale articulatio cubiti berhubungan erat dengan struktur berikut ini:
   A. arteria brachialis
   B. nervus radialis
   C. arteria ulnaris
   D. vena basilica
   E. nervus ulnaris

26. Pilihlah struktur yang paling penting untuk kekuatan articulatio radiocarpea:
   A. capsula
   B. tonus otot-otot flexor dan ekstensor pergelangan tangan

C. ligamentum anterius dan posterius
D. membrana synovialis
E. ligamentum mediale dan laterale

27. Pernyataan berikut ini benar untuk gerakan articulationes metacarpophalangeae, **kecuali**:
   A. Musculi lumbricales dan interossei, dibantu dengan musculus flexor digitorum superficialis dan profundus melakukan gerakan fleksi.
   B. Gerakan menjauhi garis tengah jari ketiga dilakukan oleh musculi interossei palmares.
   C. Ekstensi dilakukan oleh musculus extensor digitorum, extensor indicis, dan extensor digiti minimi.
   D. Gerakan aduksi menuju garis tengah jari ketiga dilakukan oleh musculi interossei palmares.
   E. Pada sendi ini tidak mungkin dilakukan gerakan rotasi.

Sendi-Sendi Pelvis

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

28. Pernyataan berikut ini benar mengenai sendi-sendi tulang pelvis, **kecuali**:
   A. Sangat sedikit gerakan yang dapat dilakukan pada articulatio sacroiliaca.
   B. Hormon sex perempuan menyebabkan relaksasi ligamenta pelvis selama kehamilan.
   C. Obliterasi rongga articulatio sacroiliaca sering terjadi pada kedua jenis kelamin setelah usia pertengahan.
   D. Articulatio sacroiliaca mendapatkan persarafan dari saraf-saraf plexus lumbalis
   E. symphisis pubis mempunyai discus fibrocartilaginosa.

Sendi-Sendi Extremitas Inferior

Pertanyaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

29. Saraf yang menyarafi paling kurang satu otot yang bekerja pada articulatio coxae dan genus adalah:
   A. nervus ilioinguinalis
   B. nervus saphenus
   C. nervus femoralis
   D. nervus peroneus communis
   E. nervus peroneus superficialis

30. Otot-otot berikut ini melakukan dorsofleksi pedis pada articulatio talocruralis:
   A. peroneus longus
   B. extensor digitorum brevis
   C. tibialis posterior
   D. extensor hallucis brevis
   E. tibialis anterior

Pertanyaan Melengkapi

31. Membuka articulatio genus untuk memungkinkan fleksi disebabkan oleh fungsi:
   A. musculus vastus medialis.
   B. musculus articularis genus.
   C. musculus gastrocnemius
   D. musculus biceps femoris
   E. musculus popliteus

32. Ekstensi articulatio coxae yang berlebihan dicegah oleh:
   A. tendo musculus obturatorius internus
   B. ligamentum ischiofemorale
   C. musculus tensor fasciae latae
   D. tractus iliotibialis
   E. ligamentum teres

Mengisi Bagian yang Kosong

Isilah bagian yang kosong dengan jawaban yang PALING TEPAT.

33. ____________ mencegah dislokasi femur ke belakang pada articulatio genus.
   A. ligamentum cruciatum anterius
   B. ligamentum cruciatum posterius
   C. ligamentum collaterale mediale
   D. ligamentum collaterale laterale
   E. tendo musculus popliteus

34. ____________ mencegah abduksi tibia pada articulatio genus.
   A. ligamentum cruciatum posterius
   B. ligamentum cruciatum anterius
   C. ligamentum collaterale laterale
   D. meniscus lateralis
   E. ligamentum collaterale mediale.

35. ____________ melekat pada capitulum fibulae.
   A. meniscus lateralis
   B. ligamentum collaterale laterale
   C. ligamentum cruciatum anterius
   D. ligamentum cruciatum posterius
   E. meniscus medialis

Pertanyaaan Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang PALING TEPAT.

36. Calcaneus berpartisipasi dalam pembentukan arcus pedis yang mana?
   A. Hanya arcus longitudinalis medialis
   B. Hanya arcus transversus
   C. Arcus longitudinalis medialis dan lateralis
   D. Arcus longitudinalis medialis dan arcus transversus
   E. Arcus longitudinalis lateralis dan arcus transversus

37. Talus berpartisipasi dalam pembentukan arcus yang mana?
   A. Hanya arcus transversus
   B. Hanya arcus longitudinalis lateralis

C. Hanya arcus longitudinalis medialis
D. Arcus longitudinalis medialis dan lateralis
E. Arcus transversus dan longitudinalis medialis

38. Os cuboideum berpartisipasi dalam pembentukan arcus yang mana?
   A. Hanya arcus longitudinalis medialis
   B. Hanya arcus longitudinalis lateralis
   C. Hanya arcus transversus
   D. Arcus longitudinalis medialis dan arcus transversus
   E. Arcus longitudinalis lateralis dan arcus transversus

39. Pernyataan berikut ini benar untuk articulatio talocruralis, **kecuali**:
   A. Diperkuat oleh ligamentum deltoideum (ligamentum collaterale mediale)
   B. Merupakan sendi engsel
   C. Dibentuk oleh articulatio antara talus dan ujung distal tibia dan fibula
   D. Paling stabil dalam posisi plantar fleksi penuh
   E. Merupakan sendi sinovial

40. Kaki diinversikan oleh otot-otot berikut ini, **kecuali**:
   A. tibialis anterior
   B. extensor hallucis longus
   C. extensor digitorum longus
   D. peroneus tertius
   E. tibialis posterior

Jawaban dan Penjelasan

1. **C** yang benar. Fleksi articulatio coxae adalah menggerakkan extremitas inferior ke anterior pada bidang paramedian.

2. **B** yang benar. Inversi kaki adalah sebuah gerakan sehingga telapak kaki menghadap ke medial (lihat Gambar 1-3).

3. **B** yang benar. Articulatio sternoclavicularis berkaitan dengan gerakan meluncur.

4. **D** yang benar. Articulatio radioulnaris superior berkaitan dengan gerakan rotasi.

5. **A** yang benar. Dorsofleksi (jari-jari menunjuk ke atas) dan plantarfleksi (jari-jari menunjuk ke bawah) terjadi pada articulatio talocruralis.

6. **B** yang benar. Sendi-sendi di antara corpus vertebrae adalah tipe kartilaginosa.

7. **C** yang benar. Articulatio tibiofibularis inferior adalah tipe fibrosa.

8. **C** yang benar. Sutura di antara tulang-tulang cranium adalah tipe fibrosa (Gambar 12-3).

9. **A** yang benar. Articulatio radiocarpea adalah tipe sinovial.

10. **E** yang benar. Articulatio cubiti adalah contoh yang bagus untuk articulatio ginglymus.

11. **A** yang benar. Articulationes metacarpophalangeae jari-jari tangan adalah contoh yang bagus untuk articulatio condyloidea (Gambar 12-1).

12. **B** yang benar. Articulatio humeri adalah sendi peluru atau *ball and socket joint*.

13. **D** yang benar. Articulatio carpometacarpea ibujari tangan adalah contoh yang bagus untuk articulatio sellaris (Gambar 12-1).

14. **D** yang tidak benar. Umumnya cavitas articularis superior dan inferior articulatio temporomandibularis tidak saling berhubungan. Namun, tidak jarang saat perjalanan kehidupan terjadi hubungan antar rongga tersebut akibat dari pengunaan sehari-hari dan robek.

15. **A** yang tidak benar. Depresi mandibula dilakukan oleh kontraksi musculus digastricus, geniohyoideus, dan mylohyoideus. Musculus pterygoideus lateralis berperan penting dalam menarik mandibula ke depan (Gambar 12-6).

16. **E** yang benar. Sebagian musculus pterygoideus lateralis berinsersi pada discus articularis pada articulatio temporomandibularis dan bertanggung jawab dalam menarik discus dan mandibula ke depan selama depresi mandibula.

17. **A** yang tidak benar. Nucleus pulposus paling sering berherniasi ke arah posterolateral.

18. **A** yang tidak benar. Pada articulatio atlanto-axialis, ligamentum apicis dentis menghubungkan apex dentis ke margo anterior foramen magnum tengkorak (Gambar 12-9).

19. **C** yang tidak benar. Pada sendi sinovial di antara dua arcus vertebrae, facies articularis processus articularis superior dan inferior diliputi oleh tulang rawan hialin.

20. **B** yang tidak benar. Vertebra thoracica VI bersendi melalui sendi kartilaginosa dengan corpus vertebrae thoracica V.

21. **D** yang benar. Cartilago costalis VIII bersendi dengan cartilago costalis VII.

22. C yang benar. Nervus axillaris berjalan melalui spatium quadrangulare tepat di bawah articulatio humeri untuk menyarafi musculus deltoideus dan musculus teres minor. Nervus axillaries juga mengurus kulit di atas musculus deltoideus bagian setengah kebawah (Gambar 12-17).

23. E yang tidak benar. Abduksi lengan atas pada **articulatio humeri** melibatkan kontraksi musculus supraspinatus dan musculus deltoideus. Musculus trapezius dan serratus anterior dilibatkan dalam rotasi scapula, yang juga terjadi selama abduksi lengan atas (Gambar 12-19).

24. D yang tidak benar. Musculus anconeus merupakan otot ekstensor articulatio cubiti.

25. E yang benar. Nervus ulnaris berhubungan erat dengan ligamentum mediale articulatio cubiti (Gambar 12-20).

26. E yang benar. Ligamentum mediale dan laterale pada articulatio radiocarpalis merupakan ligamentum yang kuat.

27. B yang tidak benar. Gerakan articulatio metacarpophalangea jari telunjuk menjauhi garis tengah jari ketiga dilakukan oleh musculi interossei dorsales.

28. D yang tidak benar. Articulatio sacroiliaca menerima persarafan dari plexus sacralis.

29. C yang benar. Nervus femoralis menyarafi musculus rectus femoris, yang berfungsi untuk fleksi tungkai atas pada articulatio coxae dan ekstensi tungkai bawah pada articulatio genus.

30. E yang benar. Musculus tibialis anterior melakukan dorsofleksi kaki pada articulatio talocruralis.

31. A yang benar. Musculus popliteus membuka articulatio genus dengan memutar tibia terhadap femur (atau femur terhadap tibia), dengan demikian mengurai dan mengendurkan ligament-ligament pada lutut.

32. B yang benar. Ligamentum ischiofemorale bersama dengan ligamentum iliofemorale serta ligamentum pubofemorale membatasi gerak ekstensi articulatio coxae.

33. A yang benar. Ligamentum cruciatum anterius mencegah dislokasi femur ke belakang pada articulatio genus.

34. E yang benar. Ligamentum collaterale mediale mencegah abduksi tibia pada articulatio genus.

35. B yang benar. Ligamentum collaterale laterale melekat pada caput fibulae (Gambar 12-30).

36. C yang benar. Calcaneus berpartisipasi dalam pembentukan arcus longitudinalis medialis dan lateralis pedis (Gambar 12-42).

37. C yang benar. Talus hanya berpartisipasi dalam pembentukan arcus longitudinalis medialis pedis (Gambar 12-42).

38. E yang benar. Os cuboideum berpartisipasi dalam pembentukan arcus longitudinalis lateralis dan transversus pedis (Gambar 12-42).

39. D yang tidak benar. Articulatio talocruralis paling stabil dalam posisi dorsofleksi penuh.

40. D yang tidak benar. Musculus peroneus tertius merupakan otot eversi kaki pada articulatio subtalaris dan tarsalis transversus.